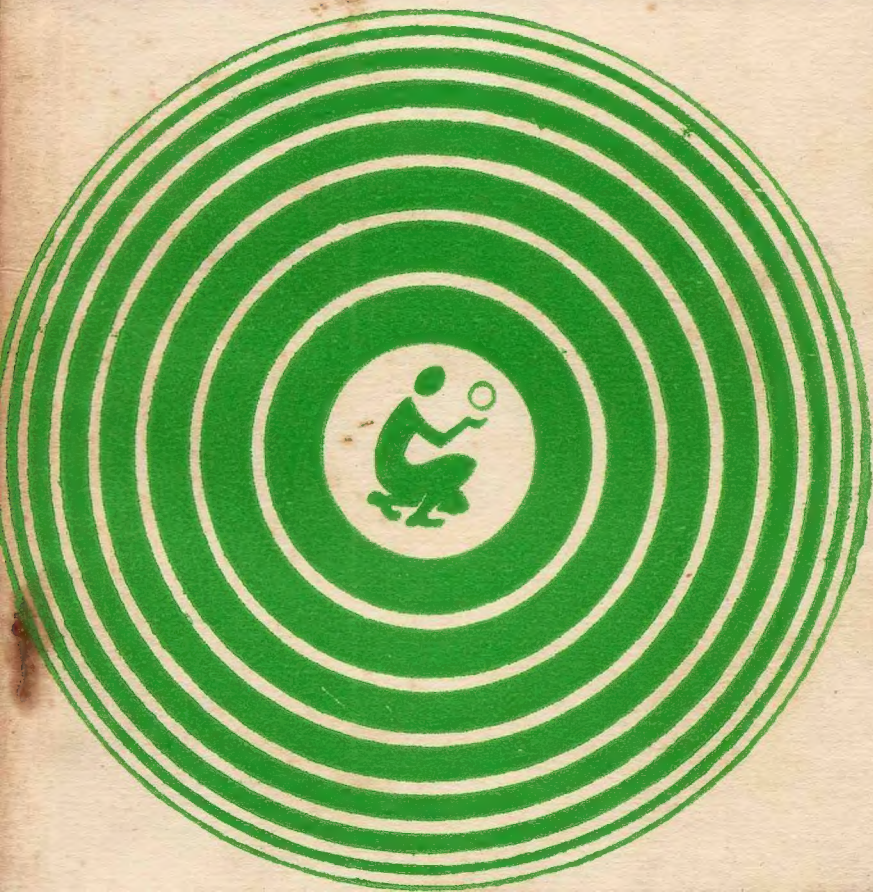


ȘTIINȚA PENTRU TOTI
185

IUSTINIAN PETRESCU
OVIDIU DRAGASTAN

Plante și animale constructoare de roci



Știința pentru toți
Cunoștințe despre univers

P1/15

41/79

IUSTINIAN PETRESCU
OVIDIU DRAGASTAN

**Plante și animale
constructoare de roci**

COLECȚIA „ȘTIINȚA PENTRU TOȚI”
apare sub egida
CONSILIULUI NAȚIONAL
AL
FRONTULUI DEMOCRAȚIEI ȘI UNITĂȚII SOCIALISTE



EDITURA ȘTIINȚIFICĂ ȘI ENCICLOPEDICĂ
București, 1982

INTRODUCERE

Necesitățile mereu crescînde de substanțe minerale utile au impus dezvoltarea unei strategii în cunoașterea tuturor factorilor ce au contribuit la geneza rocilor utile. Datorită acestui fapt, intensificarea cercetărilor interdisciplinare din domeniul geologiei a permis cunoașterea mai aprofundată a legăturilor și corelațiilor existente între mediile de sedimentare și faciesuri. (*Faciesul* reprezintă o îmbinare directă a organismelor cu sedimentele ce le înglobează.) În acest context, atât organismele cît și sedimentele au contribuit în diferitele etape ale evoluției geologice la formarea unor anumite tipuri de roci.

Dacă urmărim această evoluție geologică, chiar de la formarea planetei noastre, deci de acum 4,6 miliarde ani, constatăm în precambrian (dealtfel o „supraeră” după durata în timp — 4,6 miliarde ani pînă la 570 milioane ani) apariția timidă a primelor organisme, plante talofite reprezentate prin bacterii (acum 3,2 miliarde ani), și apoi a algelor cianoficee, cloroficee și rodoficee, dezvoltate în mediile acvatice primare.

Ascensiunea continuă a talofitelor în precambrian a permis schimbarea balanței de gaze din atmosferă

ca și din mediile acvatice, oxigenul, gaz primordial al vieții, câștigând mereu teren iar viața, noi valențe. În corelație directă cu acest proces se constată spre sfârșitul precambrianului și apariția primelor animale metazoare (viermi, spongieri, brachiopode etc.). Această dezvoltare a organismelor vegetale și animale predominant calcaroase și mai puțin silicioase a determinat acumularea unor depozite, în special de calcare și dolomite, pe grosimi de mii de metri, precum și a unor roci silicioase cu grosimi mai reduse.

În „supraera” fanerozoică viața este atât de evidentă, încît sensul și viteza de evoluție a diferitelor grupe de organisme se accelerează, ceea ce va favoriza o diversificare accentuată, concomitent cu apariția de noi grupe de organisme vegetale și animale.

În paleozoic, prima eră din timpurile fanerozoice, se consemnează evoluția ascendentă a algelor, talofite abundente în mai toate bazinele marine și mai timid prezente în bazinele lagunar-salmastre sau dulcicole,

cum este cazul algelor verzi de tipul charofitelor. În schimb, un moment cu repercusiuni directe în dezvoltarea vieții se constată în silurianul superior — devonianul inferior cînd vor apărea primele plante ierboase, continentale (licofite și psilofite — floarele cu *Baragwanathia* și *Psilophyton*), apoi în timpul carboniferului și permianului dezvoltarea pădurilor luxuriante, mlăștinoase formate din pteridofite și gimnosperme preponderent arborescente. Și în cadrul regnului animal apar în domeniul marin evoluții spectaculoase prin archaeociatide în cambrian, tetracoralii și tabulați în silurian — devonian care au generat în acest interval de timp primele structuri recifale, lamelibranhiate, gasteropode și cefalopode. Dintre acestea, ultimele trei grupe au format prin

cochiliile lor calcare lumașelice, calcare nodulare sau bancuri calcaroase.

Tot în acest interval de timp, atît în bazinele marine, cît și pe continente își vor face apariția vertebratele. Dintre acestea printre primele apar agnatele, în ordovician, urmate de pești în silurian, apoi de amfibieni în devonian și de reptile în carbonifer (vezi tabelul de la sfârșitul cărții).

Prin enumerarea acestor organisme am căutat să explicăm sursa, dar și substanțele minerale utile generate de ele, cum ar fi: calcarele în cambrian — silurian, petrolul în ordovician și devonian și cărbunii în carbonifer — permian.

În mezozoic algele se vor dezvolta la maximum mai ales în jurasic — cretacic. Prin natura mineralogică a talului lor, ele au generat roci calcaroase, roci silicioase (diatomite), cărbuni bituminoși (alge verzi botriococacee) și hidrocarburi (în special planctonul reprezentat prin dinoficee).

Pădurile dezvoltate în mezozoic în arealele continentale erau constituite în mod predominant din gimnosperme. Abia spre sfârșitul acestei ere își fac apariția angiospermele (plante cu flori). Ambele grupe menționate erau surse importante de materie organică vegetală care în regiunile mlăștinoase din timpul mezozoicului au dat naștere la importante zăcămintе de cărbuni.

În lumea animală se constată apariții noi: hexacoralii, care vor forma bariere recifale și atoli, lamelibranhiatele pahiodonte, care vor da naștere la lumașele cu grosimi metrice, ceratiții și amoniții, organisme nectonice ce străbăteau mările și oceanele, iar pe continente primele mamifere.

Neozoicul, așa după cum sugerează numele, indică o înnoire în lumea organismelor vegetale și animale. Acum apar și se vor dezvolta pînă astăzi prin-

cipalele grupe de alge, talofite și plante superioare predominant arborescente. Pe continente se constată o expansiune generală a plantelor cu flori (angiosperme) care prin cele aproape 270 000 de specii vor domina lumea vegetală, împreună cu mamiferele din lumea animală.

Toată această evoluție organică înregistrată și citită în piatră a permis, pe lângă descifrarea istoriei Pământului, și identificarea principalelor surse de materii prime atât de necesare dezvoltării civilizației umane.

I. VIEȚUITOARELE ACTUALE CONSTRUCTOARE DE ROCI

Cu mai bine de 150 de ani în urmă, geologul englez Ch. Lyell (1797—1875) a arătat că schimbarea suprafeței Pământului s-a produs treptat și continuu sub influența unor factori geologici care acționează și astăzi. De fapt, aceasta este esența „principiului actualismului sau a cauzelor actuale”, fundamentat de profesorul englez amintit și la care se face adeseori apel în explicarea a numeroase fenomene geologice. Aplicarea acestui principiu (cu unele inerente modificări, dintre care trebuie exclusă mai ales interpretarea *uniformistă*) este cât se poate de binevenită în domeniul sedimentogenezei*. Cunoașterea amănunțită a fenomenelor de astăzi ce concurează la formarea sedimentelor actuale, inclusiv a organismelor pe care le înglobează în anumite cazuri, permite să se înțeleagă fenomenologia ce a dus la geneza — de-a lungul erelor geologice — a diferitelor tipuri de roci sedimentare.

* Sedimentogeneza (lat. *sedimentum* = sediment, gr. *genesis* = origine, naștere) se ocupă cu studiul proceselor naturale de sedimentare și diageneză, în urma cărora se formează rocile sedimentare.

Cunoscându-se faptul că 75% din rocile ce alcătuiesc suprafața scoarței terestre sînt roci sedimentare și numai 25% roci magmatice și metamorfice, se poate spune că rolul organismelor în geneza multora dintre ele este precumpănitor. Specialiștii au confirmat că factorul cel mai de seamă în procesele de sedimentare îl au organismele, răspîndite în toate cele trei medii ale biosferei (apă, aer, sol). Prin procesul de asimilație, plantele și animalele fixează din mediu o serie de elemente chimice pe care, prin dezasimilație, și în final prin moartea lor, le restituie lumii minerale. Astfel, o serie de carbonați (în special de calciu și magneziu), fosfați, silice ș.a.m.d s-au fixat în scheletele unor viețuitoare străvechi (alge, foraminifere, moluște etc.) și în urma morții lor au luat naștere depozite (uneori imense) de roci calcaroase, dolomitice, fosfatice, silicioase ș.a. La toate acestea se adaugă cărbunii (de diferite tipuri) și țițeiul — toate în exclusivitate de origine organică.

Cîteva considerații asupra anumitor plante și animale actuale ce sub ochii noștri participă la edificarea de sedimente, inclusiv precizarea cîtorva caracteristicii ale mediului respectiv, ne vor ușura drumul cunoașterii genezei rocilor organogene pe care le prezentăm mai în detaliu în capitolele următoare. Pentru a înțelege rolul organismelor în edificarea diferitelor tipuri de roci, vom reda pe scurt principalele grupe de animale și plante și natura minerală a scheletului lor (calcaroasă, silicioasă, celulozică, organică).

Regnul animal se divide în două subregnuri: Protozoare (Protozoa), organisme unicelulare, și Metazoare (Metazoa), organisme pluricelulare.

Subregnul Protozoare (gr. *protos* = primul; *zoon* = animal) cuprinde grupele Rhizopoda și Ciliofora,

viețuitoare microscopice bentonice și planctonice. Unele rizopode au în majoritatea cazurilor testul calcaros (foraminifere), altele au testul silicios (radiolari). Cilioforele sînt, de asemenea, organisme microscopice, marine, protejate de o căsuță de cițiva microni numită lorică, de natură calcaroasă.

Subregnul Metazoare (gr. *meta* = după; *zoon* = animal) cuprinde viețuitoare multicelulare, cu o organizare mai complexă. Se subîmpart în nevertebrate și vertebrate. Nevertebratele cuprind următoarele grupe: Spongieri, organisme marine, în formă de sac cu schelet constituit din spiculi calcaroși sau silicioși; Celenterate, organisme marine, solitare și coloniale de tipul hidrozoarelor (calcaroase), hexacoralilor (calcaroși) care astăzi formează recife de corali. Tot din acest grup mai fac parte Archeociathidele, Tabulații, Tetracoralii (Rugosa) și Chetidele, care în anumite epoci geologice au contribuit la formarea rocilor calcaroase; Viermii sînt reprezentați prin serpulide. Acești viermi au tuburi calcaroase cu care se fixează pe corali sau pe alte organisme din recif; Tentaculatele includ clasa Briozoa (Bryozoa), actualmente cu circa 4 000 de specii marine, coloniale, prevăzute cu schelet calcaros, și clasa Brachiopoda, cu 280 de specii marine. Acestea din urmă au cochilia bivalvă, calcaroasă, fixată de substrat prin peduncul; Moluștele sînt organisme ce trăiesc aproape în toate mediile și cuprind: Gasteropodele, cu peste 100 000 de specii actuale, cu cochilie calcaroasă de forme și mărimi variate, Lamelibranchiatele (Bivalvia), cu circa 20 000 specii și cochilie calcaroasă; Scafopodele, cu numai 350 de specii actuale, prevăzute cu cochilii conice, tubulare, calcaroase, și cefalopodele. Dintre cefalopode unele sînt tetrabranchiate, reprezentate prin cele 6 specii marine actuale ale genului *Nautilus*,

cu cochilie calcaroasă rulată planspiral și prin grupele dispărute de Ammonoideae (Goniatiți, Ceratiți, Amoniți), iar altele sînt dibranchiate, reprezentate prin genurile actuale *Sepia*, *Loligo* (calmarul) și *Octopus*.

Arthropodele sînt cunoscute în special prin tipuri marine, salmastre sau dulcicole cu carapace calcaroasă din clasa Crustacea (20 000 specii actuale) din care fac parte Ostracodele, organisme microscopice cu carapace bivalvă, Cirripedele (gen. *Balanus*), cu carapace formată din numeroase plăci, și Decapodele, prevăzute cu carapace calcaroasă.

Echinodermele sînt organisme marine fixate de substrat sau libere, bentonice și planctonice, cu schelet calcaros format din plăci acoperite de spini (radiole). Importante sînt clasele Crinoidea (620 specii), Holothuroidea (1 100 specii), Echinoidea (860 specii), Asteroidea (1 500 specii) și Ophiuroidea (1 900 specii).

Vertebratele sînt organisme superior organizate, din care numai unele grupe (peștii) au contribuit la formarea unor roci, în special organogene de tipul hidrocarburilor.

Regnul vegetal se subîmparte tot în două subregnuri: *Thallophyta* (din gr. *thallos* = mlădiță, vâstar) sau plante inferioare cu aparat vegetativ nediferențiat în rădăcină, tulpină și frunze, și *Cormophyta* (din gr. *corm* = tijă, tulpină) sau plante superioare prevăzute cu țesuturi specializate, diferențiate în tulpină, rădăcină și frunze. Cormofitele care nu au flori corespund încrengăturilor *Briophyta* și *Pteridophyta* (= Criptogame vasculare), iar cele cu flori corespund grupului *Fanerogame* cu două încrengături: *Gymnospermatophyta* (= Gimnosperme) și *Angiospermatophyta* (= Angiosperme). Aceste două grupări importante sînt considerate ca

plante Spermatofite sau, cu alte cuvinte, plante cu sămînță. Gimnospermele au sămînța neprotejată de ovar, fiind golașă, în timp ce angiospermele au sămînța protejată de ovar și este închisă în floare, cel mai perfect mecanism de reproducere întîlnit printre plante, deoarece atît *gineceul* (partea femeiască din plantă) cît și *androceul* (partea bărbătească din plantă) sînt cuprinse, în genere, în aceeași floare.

Subregnul *Thallophyta* este reprezentat prin mai multe tipuri de alge, și anume:

— *Cyanophyceae*, alge albastre după culoarea pigmentului caracteristic, cu tal format din filamente micronice care fiind mucilaginoase au proprietatea de a capta din mediul marin granule de calcar. Prin acest proces de captare care poate să se producă ziua și noaptea și sezonier (vara — iarna, în regiunile uscate înconjurate de deșert), în mediile marine sau lacustre algele filamentoase generează structuri organosedimentare, calcaroase, microstratificate, care în ansamblu ating grosimi variabile de la 80 cm pînă la 1 m;

— *Chrysophyceae*, alge aurii după culoarea pigmentului predominant, sînt microscopice, marine și duc viață planctonică. Talul corespunde unei *coecosfere*, formată din plăci cu dimensiuni micronice, extrem de variate morfologic numite *cocolite*;

— *Chlorophyceae*, sînt alge verzi, marine, bentonice care posedă taluri de formă cilindrică (*Dasycladaceae*), de 1 pînă la 5 cm lungime, sau sub formă de tufe de pînă la 10—20 cm lungime, formate din segmente calcaroase, aplatizate cu aspect de evantai (*Codiaceae*);

— *Charophyceae*, sînt alge tot verzi cu tal de natură calcaroasă constituit dintr-o tijă cilindrică, segmentată prevăzută cu noduri și internoduri, fixată printr-un fel de rizom în mîlurile de pe fundurile

lacurilor și apelor dulci curgătoare. Tija atinge pînă la 1 m înălțime, iar la noduri poartă oogoane calcareoase milimetrice. Oogoaiele reprezintă fructificațiile femele care se conservă adesea prin fosilizare; și

— *Rhodophyceae* sau algele roșii, în marea lor majoritate marine și bentonice. Aceste alge au talul calcaros, sub formă de cruste microstratificate, nodular-mamelonare, sau ramificate formate din segmente articulate cilindrice sau aplatizate. Atît talurile în formă de cruste, cît și cele ramificate sînt constituite din celule micronice diferențiate în două țesuturi, la interior hipotalul și la exterior peritalul.

Deoarece în marea lor majoritate grupele de alge menționate au talul de natură calcaroasă, depozitele formate prin acumularea lor determină nisipuri calcaroase fine sau calcare algale. Unele grupe de alge, cum ar fi *Botryococcaceae* dintre algele verzi, produc sapropelite care ulterior pot da naștere la cărbunii bituminoși. *Dinoficeele*, dintre algele gălbui-roșcate, planctonice, contribuie la formarea materiei organice din mări și oceane care în condiții propice se poate transforma în hidrocarburi, și *diatomeele* care împreună cu *silicoflagelatele* contribuie la formarea sedimentelor de natură silicioasă și apoi a rocilor silicioase.

Subregnul *Cormophyta*, prin acumularea și transformarea resturilor vegetale, în special rizomi, tulpini, ramuri, fructe, spori, polen, ce provin de la Pteridofite (Psilofite, Licofite, Arthrofitе și Ferigi) și de la Spermatofite (Gimnosperme — Conifere și Angiosperme — plante cu flori), a contribuit în decursul erelor geologice ca și astăzi la formarea rocilor organogene predominant caustobiolite (care au proprietatea de ardere): cărbunii (în timp geologic) și turba (actual).

Deoarece cea mai mare parte a rocilor organogene (ca dealtfel a rocilor sedimentare în general) se formează în bazine acvaticе, în continuare vom analiza cîteva caracteristici ale unor astfel de medii. Întrucît în bazine marine s-a format cea mai mare parte a rocilor organogene, în cele ce urmează vom acorda acestui mediu un spațiu preponderent.

1) De la recifele coraligene la mîlurile cu diatomee

Viețuitoarele actuale marine (plante inferioare, animale microscopice și macroscopice) sînt răspîndite în funcție de climă (temperatură, umiditate, curenți de aer), luminozitate. În ansamblu, ele constituie resurse trofice extrem de importante în menținerea echilibrului biologic din arealul respectiv.

Orice bazin marin (de sedimentare) cuprinde mai multe zone, și anume (fig. 1):

— supralitorală sau supratidală (=supramareică), avînd ca limită inferioară cota maximă a apei la flux;

— litorală sau intertidală (= intermareică), definită ca regiunea dintre flux și reflux;

— neritică sau subtidală (= submareică), corespunzătoare intervalului batimetric de 4 pînă la maximum 150 m adîncime. Structural, zona litorală și neritică corespund marginii continentale, ea incluzînd și platoul continental;

— batială, ce corespunde pînă la 4 000 m; și atinge adîncimea de pînă la 4 000 m;

— pelagică sau de larg, în care viețuitoarele trăiesc liber în apele marine incluzînd atît planctonul cît și nectonul;

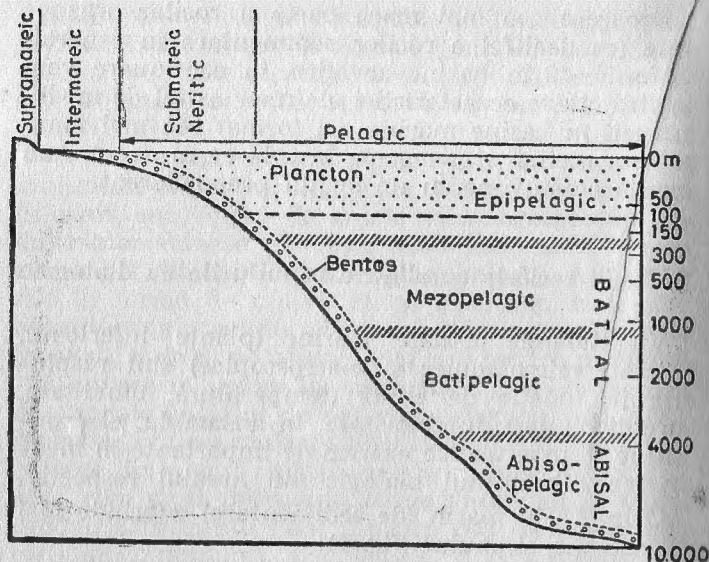


Fig. 1. Clasificarea mediului marin.

— abisală, care corespunde cîmpiei abisale și se extinde pînă la adîncimea de 10 000 m. Zonele batială și abisală corespund domeniului bazinal.

Organismele mici, microscopice, care plutesc sau mai bine zis sînt purtate de curenți formează covorul plutitor numit *plancton* (gr. *plankton* — hoinar, vagabond). Planctonul se întîlnește de la țărm pînă în largul oceanic, și de la suprafața apei pînă la 200 m adîncime. Dintre organismele care intră în componența planctonului (din zona litorală, neritică și largul oceanic) menționăm: diferite viețuitoare microscopice cu test de 50 μ — 5 mm aparținînd foraminiferelor calcaroase și aglutinante, radiolari-

lor silicioși, crustaceelor inferioare (ostracode), algelor silicioase diatomee și silicoflagelate, precum și algelor cu test celulozic de tipul dinoflagelatelor ș.a. Distribuția, componența și densitatea planctonului dintr-un anumit bazin acvatic, unde constituie o verigă importantă în circuitul materiei din bazinul respectiv, variază cu anotimpurile (cu lunile, chiar cu ziua și noaptea) și cu agenții atmosferici dintr-o anumită zonă.

Alte grupe de organisme care trăiesc pe fundul mărilor și oceanelor (uneori și al lacurilor) alcătuiesc *bentosul* (gr. *benthos* = fund, fundul oceanului). Bentosul cuprinde plante și animale microscopice: unele genuri și specii de foraminifere, alge dasicladacee și codiacee, alge roșii etc., precum și organisme macroscopice: spongieri calcaroși și silicioși, corali (hexacorali), hidrozoare, viermi tubicoli, moluște (lamelibranhiate, gasteropode), echinoderme (arici de mare, stele de mare, crini de mare) etc.

Nectonul (gr. *nektos* = înotător) reprezintă acea totalitate de animale acvatice care, avînd dimensiuni mai mari, organe de mișcare și musculatură mai dezvoltată, înoată activ în masa apei și pot să reziste la mișcarea valurilor și a curenților. În necton se includ forme mai evoluate de viață, ca: cefalopode, pești, mamifere etc. În căutarea activă de hrană, ca și în fuga de dușmani, nectonul poate migra mult în cuprinsul oceanului.

Hrînindu-se cu plancton, animalele nectonice pot controla și limita populațiile planctonice. Unele din animalele ce aparțin nectonului prezintă importanță economică pentru om. În general, nectonul are cele mai puține restricții de areal în cadrul mediului marin.

a) Organisme caracteristice biotopului recifal. Acestui biotop* îi corespund cele trei categorii de organisme (plancton, bentos și nehton) ce formează asociații sau biocenozes mai mult sau mai puțin caracteristice. Acest ansamblu, sau mai bine zis macroconglomerat, de entități vii își datorează existența unei perpetue activități echilibrate între diverse grupe de organisme.

Complexele recifale actuale acoperă o suprafață de aproape 200 milioane km², în zone scăldate de ape tropicale; se găsesc sub influența sedimentelor de pe continente, precum și a curenților reci ascendenți din anumite regiuni oceanice.

Recifele rezultă în urma activității unor organisme sedentare ce se dezvoltă mai ales în zone cu ape calde și limpezi, cu luminozitate ridicată. Sunt construcții rigide formate din acumulări de schelete și cruste de corali și alge; în proporții diferite mai concură foraminifere calcaroase, spongieri, briozoare, viermi, moluște și echinizi.

Biocenozesle recifelor coraligene sunt formate din puține specii, dar cu numeroși indivizi.

Pe unele organisme fixate de substrat trăiesc alte vietuitoare care formează așa-numitele *epifaună* și *epifloră*. Dintre acestea, unele sunt simbioante și parazite, care trăiesc pe și în anumite organisme.

S-a constatat că un factor restrictiv în dezvoltarea recifelor este lungimea zilei, care variază în funcție de adâncime. Aceasta scade exponențial în funcție de adâncime și de cantitatea de energie radiantă primită în fiecare zi. Dacă ziua este de 11 ore

* Biotop, teritoriu în care conviețuiesc specii de plante și animale, adaptate la condițiile de mediu caracteristice acestuia.

la adâncimea de 20 m, la 30 m ea este de numai 5 ore, iar la 40 m, de 15 min.

Inconstanța temperaturii și a aportului în hrană contribuie la încetinirea creșterii recifelor, determinând forme mici, pipernicite, iar uneori construcțiile sunt sufocate de excesul de sedimente provenite din zona țărmului.

Hidrodinamismul este mai puțin important în interiorul complexului decât în jurul lui. Cantitatea de oxigen este esențială în menținerea vieții acestor organisme atât de sensibile și cu parametri de viață atât de drastici. Uneori cantitatea de CO₂ produsă în complexul recifal depășește puterea de consum a algelor zooxantele divers reprezentate în recife.

Pe platforma Marii Bariere de Corali (din NE Australiei), conținutul în CO₂ din apă este epuizat prin fotosinteză în timpul zilei, respectiv în timpul radiației solare. Saturația apei în oxigen atinge 250%, iar pH-ul ajunge până la 8,9. În schimb, noaptea procesul de fotosinteză încetează, ceea ce face ca conținutul în oxigen să scadă la 18% și pH-ul să ajungă până la 7,8.

Multe dintre organismele bentonice, din asociațiile recifale, în timpul stadiului larvar sunt pelagic-planctonice.

Planctonul reprezentat prin foraminifere calcaroase și ciliifore este des întâlnit în lagunele recifale și, curios, mai puțin abundent în jurul recifului.

De regulă, coralii și alte organisme — în special lamelibranhiate, gasteropode, viermi, briozoare, alge — se dezvoltă pe versantul dispus spre mare, unde, de obicei, hrana este mai abundentă.

Productivitatea în organisme, în cadrul recifului, este direct legată de cantitatea de hrană existentă în

zona recifală și mai ales de cantitatea de oxigen din complex, factor vital de maximă importanță.

Fiecare colonie de corali constituie o unitate ecologică, ce îmbină atît caractere carnivore, cît și erbivore.

Cele mai interesante structuri recifale sînt *atolii*, tipici arealelor Oceanului Pacific și Oceanului Indian. Din punct de vedere morfologic, atolul prezintă mai multe zone: versantul dinspre mare, platoul recifal, insula, laguna recifului și versantul lagunei.

Versantul dinspre mare (panta externă) (fig. 2) este expus mereu valurilor și prezintă o creastă algală ce poate coborî pe versant pînă la adîncimea de 15 m. Partea superioară a crestei algale este constituită din cruste, noduli algali de forme și mărimi diferite.

În zona scăldată de valuri a atolilor pînă la 15 m adîncime trăiesc coralii mari cu forme foliacee, asemănătoare celor din insulele Hawaii (din atolurile Funafuti și Bikini). În zona de trecere (între 15 și 20 m) coralii sînt de tip rămușor, puternic ramificați. De la această adîncime, pînă la 150 m, coralii devin din ce în ce mai rari, fiind de tip cupă, vaziformi și ramificați.

Platoul sau bordura recifală cuprinde zona dintre creasta algală și insulă, sau uneori ajunge pînă la lagună. Platoul poate varia în lungime de la 3 m pînă la 3 km.

Platoul reprezintă un substrat recifal calcaros, plasat mai mult sau mai puțin sub nivelul inferior al refluxului. Pe lîngă zona plată poate prezenta versante, ușor înclinate în apropierea insulei, alteori prezintă cavități, bălți și canale. Zona este puternic oxigenată, cu ape agitate și uneori cu turbiditate ridicată.

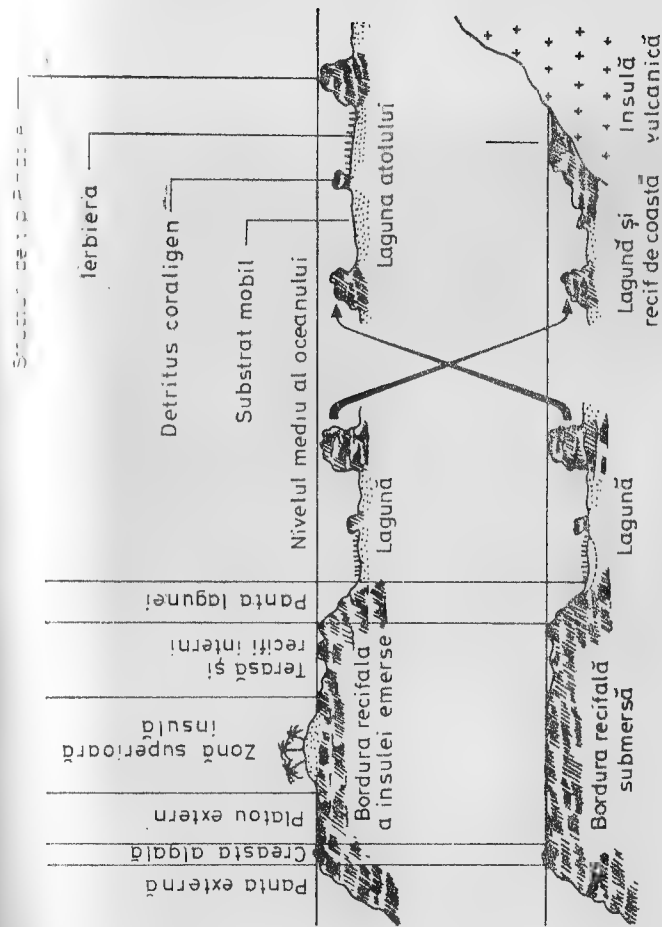


Fig. 2. Morfologia recifelor actuale (în varianta cu insulă emersă și în varianta cu bordură recifală submersă).

Pe platoul recifal, dar în imediata apropiere a crestei algale, se dezvoltă zona coralgălă formată din corali *Acropora digitifera*. Această zonă poate atinge până la 300 m lăţime şi este formată din corali acoperiţi intermitent cu ape; unele porţiuni din zonă sînt chiar expuse subaerian.

În golurile structurilor coraligenă trăiesc aici de mare (fam. Echinoidea).

Coralii sînt ramificaţi, au ramuri groase, puternice, alţii sînt de tip corimbos (în formă de floare simplă sau inflorescenţă). Coloniile ating aici pînă la 60 cm înălţime, sînt cimentate şi încrustate, încît formează structuri compact-nodulare.

Uneori, în această zonă se cantonează în cantităţi importante algele verzi, codiaceele *Caulerpa* şi *Halimeda*, fixate pe corali sau pur şi simplu agăţate de corali. Cîteodată, pe corali se întîlnesc şi alge roşii cu tal articulată, format din segmente calcaroase puse cap la cap (de tip *Jania*).

În platoul recifal sînt abundente şi foraminiferele calcaroase, fiind reprezentate prin genurile *Calcarina* şi *Marginopora*.

În timpul nopţii ies din găuri (crevase şi perforaţii) crustacee, viermi, moluşte şi peşti.

Pentru aceste două zone sînt caracteristici următorii corali: *Acropora digitifera*, *A. corymbosa*, *Pocillopora*, *Favia*, *Favites*, *Porites*, *Lobophyllia*, *Montipora*, *Tubipora* etc.

Insula este construită din microatoli formaţi din *Acropora palifera*, care poate ajunge pe versantul ei pînă la adîncimi de 1 m.

În jurul insulei apar şi corali solitari de tip *Fungia*, la baza cărora se întîlnesc crustacee (crabi) şi specii de lamelibranhiate perforante, cum ar fi *Tridacna crocera*. La acestea se mai adaugă şi gasteropode, în special Conidae. Pe fundul nisipos al

versantului insular trăiesc viermi, holoturii, echinuri şi moluşte. Foraminiferele calcaroase de tip *Calcarina* sînt prezente şi ele fiind cîteodată înlocuite prin alge verzi de tip *Cladophora*, care formează un material detritic calcaros pe suprafaţa recifelor mici.

În bălţi se găsesc blocuri amalgamate cu cochilii mici de gasteropode, holoturii, crustacee, ofiurizi şi peşti de talie mică.

La aşa-zisele „recife plasate sub vînt” creasta algală este ori slab dezvoltată, ori inexistentă. Platoul recifal este mai îngust, iar versantul dinspre lagună este destul de uniform.

Laguna recifului este conturată de versantele şi fundul acesteia. Fundul poate fi uşor înclinat sau plat. Laguna poate atinge uneori adîncimi de 40—60 m.

În această zonă circulaţia apei este destul de bună, fapt ce permite dezvoltarea optimă a recifelor alături de alte organisme, cum ar fi unele alge verzi (Dasycladaceae şi Codiaceae).

În lagună sedimentele sînt de mărimea pietrişurilor, nisipurilor şi a mlurilor. Acestea sînt produse ale degradării şi distrugerii structurilor recifale.

În lagună, coralii sînt de tip foliaceu (exemplu *Montipora*) şi rămuroşi (diverse specii de *Acropora*). Alţii sînt de tip arbustiv, cum ar fi speciile *Acropora exilis*, *A. striata* etc. În lagună, coralii domină alte organisme. Pe fundul nisipos, între corali, se întîlnesc holoturii, moluşte extrem de variate, cum ar fi genurile *Cypraea*, *Conus* (dintre gasteropode) şi mai puţin genul *Tridacna* (dintre lamelibranhiate). În biotopul recifal se întîlnesc frecvent şi reprezentanţi ai genului *Spondylus*, fiind fixaţi prin spinii dezvoltaţi în regiunea mediană a valvelor şi a umbonelui.

Dintre celenterate, hidrozoarele și alcionarii sînt mai slab reprezentați în laguna recifului. Algele specializate (de exemplu, genul *Gomontium* dintre algele verzi perforante), spongierii, moluștele-ciripede și viermii policheți creează perforații și șanțuri în structurile coraliene.

Algele verzi din genul *Halimeda* contribuie în mare măsură la formarea detritusului din lagună, care se acumulează pe suprafețe destul de largi.

În regiunile cu sedimente nisipoase, între corali mici, se fixează și trăiesc numeroase tipuri de holoturii (castraveți de mare) și moluște — în special lamelibranhiate și gasteropode (specii de *Tellina*, *Pinna*, *Mactra*, *Strombus*, *Voluta*, *Oliva* etc.). De asemenea, sînt prezente și cîteva specii de stele de mare (*Acanthaster*, *Echinaster*). Dintre aricii de mare este extrem de interesant *Centrechinus setosus*, care prezintă mari posibilități de mișcare: în timpul nopții poate parcurge 30—40 m pe versantul recifului, cu ajutorul spinilor aflați pe suprafața cochiliei. Este singura specie de arici de mare cu asemenea capacitate de mișcare.

De multe ori corali din lagună sînt ruși și distruși de valurile puternice ale apelor la flux, fiind acoperiți (uneori chiar îngropați) de resturile de alge verzi și albastre.

S-a observat că în majoritatea cazurilor corali se așază aproape paralel cu marginea lagunei. Moluștele psamofile („iubitoare” de funduri nisipoase) se dispun în apropierea malurilor lagunei, în timp ce gasteropodele se plasează în jurul microatolilor.

Fundul lagunei nu este uniform, ci are o conformație asemănătoare unor movile, creste sau bare.

Movila este o structură recifală construită din corali crustoși, masivi sau, rareori, rămuroși. Se prezintă ca niște denivelări mici pe fund, care au

vîrfuri plate și taluzuri acoperite de specii de *Halimeda*.

Crestele sau barele sînt mai mult sau mai puțin paralele între ele, fiind dispuse perpendicular pe direcția principală a fluxului. Sînt formate din nisip și se acoperă cu alge din genul *Caulerpa*. Pe creste trăiesc fixate lamelibranhiate pachiodonte, în special specii ale genurilor *Chama* (de formă nodulară), apoi *Pinna*, *Lima*, *Arca*, *Cardium* și *Spondylus*.

Versantul lagunar (taluz) este de regulă acoperit de o creastă groasă, formată din corali masivi stratiformi, foraminifere calcaroase și aglutinate, precum și din taluri fragmentare de *Halimeda*.

Studii cantitative privind moluștele din laguna atolului Roao (Oceanul Indian) demonstrează că fauna respectivă se dezvoltă de jur împrejurul lagunei pe o distanță de 40 km și pînă la adîncimea de maximum 6 m. Pe o suprafață de 4 km² se dezvoltă circa 195 milioane de moluște, din care 24 milioane trăiesc la suprafață, iar restul de 171 milioane viețuiesc înfundate în mil. Biomasa este de 436 t. Predominantă este specia *Tridacna maxima*, cu 11 milioane de indivizi și o biomasă de 326 t. Densitatea medie a populației este de 53 indivizi/m².

Abundența moluștelor în lagunele atolilor permite să se întrevadă posibilitatea exploatarei unei asemenea bogății în materie vie (densitatea maximă 5 kg/m²), lagunele constituind un mediu natural foarte favorabil pentru acvacultură.

Factorii edafici (calitatea substratului și hidro dinamismul) apar ca determinanți în distribuția populațiilor malacologice din corpurile complexelor recifale. Pe lângă aceștia și regimul alimentar al corailor influențează distribuția genurilor și speciilor dintr-un complex recifal. Gasteropodele ce trăiesc în

zona superioară a structurilor coraligene (creasta algală) sînt în marea lor majoritate vegetariene (în special archeogasteropodele); cele de pe platoul superior (cu corali vii) ca și cele de pe platoul inferior (conținînd corali în curs de fosilizare) sînt în majoritate carnivore (în special neogasteropodele sifonostome — cu gura în formă de sifon). Gasteropodele care trăiesc în zonele superioare sînt exclusiv vegetariene, hrănindu-se numai cu alge albastre (cianoficee), ca epilite și endolite.

Un exemplu interesant de biotop recifal se găsește în regiunea Tuléar, din partea de sud-vest a insulei Madagascar. Aici atît faciesul de epifaună, cît și cel de epifloră formează asociații caracteristice biotopului sedimentar din formațiunile coraligene. Totalitatea speciilor fixate și mobile care trăiesc la suprafața substratului (deci, epifauna și epiflora) alcătuiesc *epibiomasa* (cantitatea de substanță vie acumulată pe substrat).

Faciesul de epifaună caracterizează substratul mobil, coraligen, constituit din asociații de gasteropode (de exemplu, genul *Strombus*), echinoderme (*Diodema*) și crustacee. Uneori, pe corali se instalează colonii în formă de cupe alcătuite din brizoare libere (din genul *Anoteropora*) care pot atinge densități importante, de pînă la 50 de colonii în 50 dm³ de sediment dragat.

Endofauna este constituită din animale care trăiesc înfundate în mîl sau sedimente, fiind dominată de organisme detritivore în proporție de peste 85% din totalul populațiilor. Dintre organismele dominante menționăm: lamelibranhiatele (*Leda*), scafopodele (*Merethrix*, *Dentalium*), viermii (*Serpula*) și echinizii (*Echinodiscus*).

Faciesul de epifloră se dezvoltă pe substratul mobil coraligen, în zona intermareică și submareică.

În regiunea frontală a recifului, pe dala recifală pînă la 50 m adîncime, se află noduli algali formați din alge roșii coralinacee. Substratul cu noduli de coralinacee se află sub influența curenților de fund, a valurilor și a curenților turbionari. Populațiile de coralinacee se dezvoltă în depresiuni mari. Algele au talul de formă subsferică, este ramificat, de 7—8 cm în diametru, acoperind substratul nisipos-milos. Densitatea lor este fluctuantă și variază de la sezon la sezon, precum și de la un an la altul.

În anumite perioade, *Lithothamnium* formează un facies de epifloră cu densitate puternică, ce poate acoperi peste 70% din substrat.

Pe platoul continental, la sud de insula Madagascar, fundul este acoperit de *Lithothamnium* cu talul ramificat, ce se dezvoltă atît în sedimente terigene (provenite de pe continente), cît și în detritusul coraligen.

Fundurile acoperite cu noduli de coralinacee reprezintă un facies de tranziție între milurile detritice supralitorale (în care este dominant gasteropodul de țârm *Turritella*) și fundurile acoperite cu bolovănișuri, tipice pentru regiunea frontală a recifului.

b) Organisme specifice sedimentelor din largul mărilor și oceanelor. Indiscutabil, recifele reprezintă formațiunea biogenă cea mai spectaculară din domeniul marin; stadiile lor de dezvoltare succesivă au fost bine explicate încă din 1842 de către Ch. Darwin*. Tot atît de

* În urma celebrei expediții oceanografice pe care a întreprins-o cu vasul „Beagle” (1831—1836), Darwin a explicat evoluția recifelor coraliere, stabilind următoarele trei stadii succesive (fig. 3):

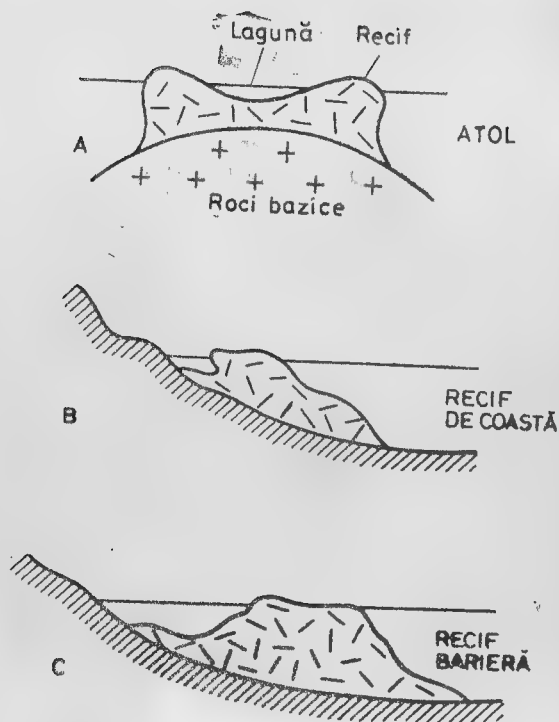


Fig. 3. Tipuri morfologice de recife.

— recife de coastă (litorale sau marginale), care se dezvoltă în imediata vecinătate a unui țărm stîncos, strîns lipite de uscatul continental sau insular. Astfel de recife apar în jurul insulelor Solomon și Hawaii din Oceanul Pacific, pe coasta ecuatorială a Africii de est, în Marea Roșie și în Canalul Mozambic, pe coastele Braziliei, ale Floridei, ale insulelor Arhipelagului Antile etc.;

— recife barieră, situate la oarecare distanță de țărm, și separate de acesta printr-un canal larg, uneori de

adevărat este faptul că în imensitatea mărilor și oceanelor (care ocupă 70,8% din suprafața globului terestru) au loc depuneri și de alte sedimente în care rolul organismelor este remarcabil. În cele ce urmează vom prezenta sedimentele marine de adîncime (pelagice), ele fiind cele mai importante. Se împart în mai multe categorii în funcție de compoziția chimică și de organismele predominante. Ele sînt numite organice numai dacă au un procent de peste 30% material organic. Aceste depozite de adîncime, din ariile de sedimentare marine actuale, sînt numite de sedimentologi *miluri*. Ele pot fi calcaroase și silicioase.

Sedimentele *pelagice* apar în zona adîncă a oceanului, la distanțe mari de țărm. În alcătuirea lor intră schelete organice și particule fine minerale.

Milurile calcaroase pot fi cu globigerine, cocolito-foridee, pteropode etc. și pe bazine oceanice au următoarea participare: Oceanul Atlantic — 67,5%, Oceanul Pacific — 36,2%, Oceanul Indian — 54,3%. Milurile silicioase pot conține predominant diatomee, radiolari și au următoarea participare: Oceanul Atlantic — 6,7%, Oceanul Pacific — 14,7%, Oceanul Indian — 20,4%. Pe ansamblu, se estimează că milurile (nămolurile) calcaroase ocupă 128 milioane km², sau aproximativ 35% din fundul oceanelor.

etiva kilometri, și adînc de 1—80 m. În această categorie intră Marele Recif (barieră) de pe Coasta de NE a Australiei, lung de 2400 km, cu canalul larg de 5—100 km și adînc de 20—80 m, precum și o serie de recife din Marea Roșie, Canalul Mozambic etc.;

— recife circulare (numite și atoli), de forme circulare sau elipsoidale, ca un inel insular, avînd în centru o lagună. Atolii se ridică deasupra mării numai cu 1—4 m și în timpul marilor furtuni pot fi ușor acoperiți de apele mării. Reținem că uscatul continental sau insular, de la primul la al treilea stadiu, se scufundă treptat.

Nămolurile silicioase acoperă doar 38 milioane km² sau circa 10,5% din fundul oceanului*.

Milurile cu globigerine reprezintă depozite pelagice de adâncime, care au luat naștere prin acumularea scheletelor calcaroase ale foraminiferelor mai sus amintite.

Globigerinele (fig. 4) sînt foraminifere microscopice cu testul perforat, planctonice, ce populează apele în general pînă la 300 m adîncime. Foraminiferele planctonice devin preponderente începînd din triasic. Apoi, în jurasic și cretacic, ca și în terțiar, importanța litogenetică a crescut progresiv atîngînd maximum în miocen.

Conținutul mediu în CaCO₃ pe probe din aceste miluri ce provin din Oceanul Pacific este de 82%, iar limita de variație este cuprinsă între 75 și 89%. Comparat cu alte depozite de adîncime, milul cu globigerine este slab sortat, cu diametrul mediu al particulelor de 10 μ, uneori întîlnindu-se însă particule de pînă la 100 μ.

Limita minimă care definește milul cu globigerine este de 30% material organic. O parte din CaCO₃ din aceste miluri provine și din precipitarea chimică. După cum se știe, în apele puțin adînci există o concentrație mare de CaCO₃; se constată însă că odată cu adîncimea, CaCO₃ se dizolvă, astfel că planctonul calcaros ajuns la adîncime ar trebui să

* O a treia categorie de sedimente a fost numită „argila roșie abisală”, și este caracteristică zonelor adînci (în medie în jur de 5000 m adîncime). În cadrul acestui depozit ce acoperă străfundurile largului oceanic predomină argila roșie în proporție de circa 85%, alături de care mai apar carbonați de calciu (de natură organică circa 6%, silice organică circa 2% etc.). Argila roșie are următoarea repartizare: Oceanul Atlantic — 25,8%, Oceanul Pacific — 49,1%, Oceanul Indian — 23,3%.

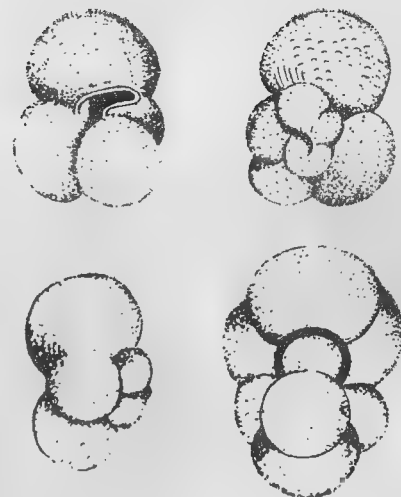


Fig. 4. Foraminifere planctonice din milurile cu globigerine (genul *Globigerina*).

dispară în bună parte. Faptul că în unele sedimente globigerinele mai păstrează protoplasma în interiorul testului se explică prin căderea rapidă a acestor organisme spre abisurile marine. Formele mari (de 0,75 mm în diametru) se scufundă cu o viteză de circa 3,8 cm/s, iar cele mici (0,12 mm în diametru) au o viteză de aproximativ șapte ori mai mică. De aceea, foraminiferele mari ajung la 4500 m adîncime în 1,09 zile, iar cele mici în 7,5 zile.

Acest mil este des întîlnit la adîncimea de 2000—5000 m. S-a constatat că numărul de specii din sediment descrește de la tropice spre poli. Compoziția medie în organisme a acestor miluri este următoarea: foraminifere planctonice — 53,10%, foraminifere bentonice — 2,13%, organisme silicioase

se — 1,64‰; în cantitate mică se întâlnesc și cocolitoforidee.

În depozitele geologice participarea globigerinelor în diferite sedimente poate fi ușor constatată la diferite nivele stratigrafice. Astfel, în România se cunosc asociații de organisme planctonice și bentonice în neocomianul de la Codlea, unde, printre altele, se citează câteva specii de *Globigerina*. În marnele senoniene din mai multe regiuni ale țării noastre s-au determinat specii de *Globigerina*, *Globotruncana*, *Globorotalites*, *Rotalipora* ș.a. La limita danian-paleocen micropaleontologii au constatat o „explozie” de globigerine, care a determinat formarea de nivele alcătuite exclusiv din aceste organisme. S-a constatat că așa-numitul „nivel de tufuri cu globigerine” de vîrstă miocenă, din regiunea subcarpatică, este constituit în proporție de peste 80% din globigerine.

Miturile cu Cocolitoforidee sînt dezvoltate pe suprafețe mai restrînse în Oceanul Pacific, Oceanul Atlantic, cît și în Marea Mediterană.

Se știe că acestea (fig. 5) sînt alge crisoficee unicelulare foarte mici la care scheletul (coca) este calcareos și constă din numeroase elemente structurale sau plăci (cu diametrul de 10—50 μ), foarte diferite morfologic (sferice, eliptice, bastonașe), numite cocolite. Aceste alge flagelate prosperă astăzi în ape marine temperate și calde, dar nu lipsesc nici din regiunile reci. Se apreciază că temperatura optimă de dezvoltare este de +20°C. Preferă ape cu salinitatea de 20—30‰, fiind totodată legate de ape bogate în O_2 și cu un pH în jur de 8,05. Cocolitoforideele actuale (apreciate la circa 380 de specii) proliferază într-o cantitate extraordinară atunci cînd condițiile sînt favorabile. Ele sînt responsabile de așa-numitul fenomen de „albire a apelor”, dator-

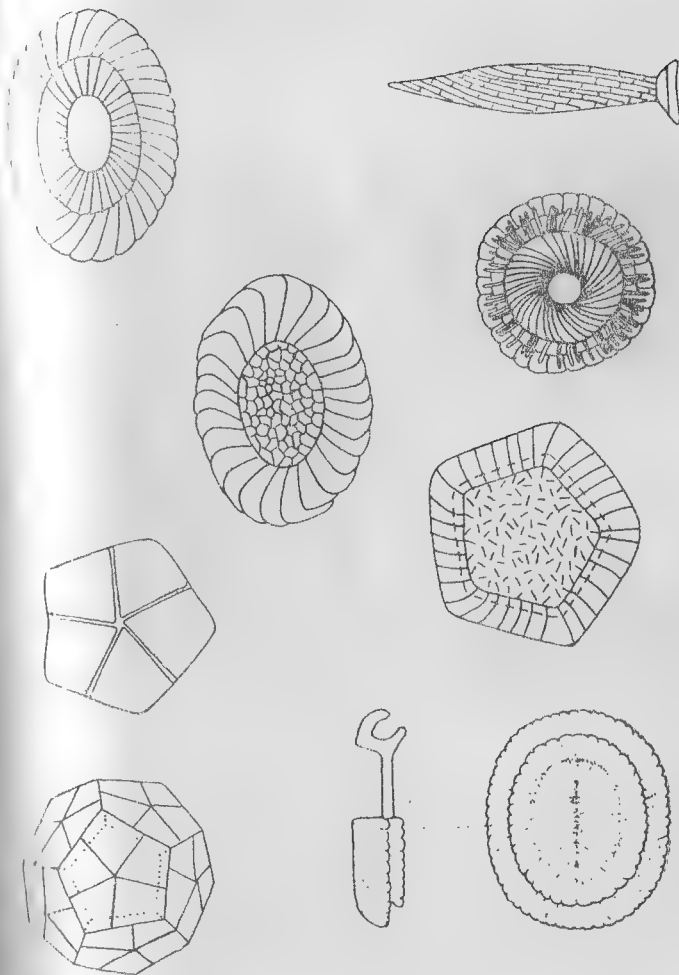


Fig. 5. Tipuri morfologice de cocolite.

rat reflexiei luminii pe suprafața testului lor calcaros și alb. O astfel de decolorare a apei se observă (primăvara) în apele din vestul Norvegiei, fenomen ce poate persista timp de două săptămîni. În apa mării din arealul menționat au fost numărate 115 milioane de indivizi într-un litru de apă (toți aparțineau unei singure specii — *Coccolithus huxley*).

Experimental s-a constatat că rata de înmulțire a acestor mici alge este deosebit de rapidă. Astfel, la *Cricosphaera elongata* au loc 225 de diviziuni pe zi, iar la *Coccolithus huxley* — 185 de diviziuni pe zi.

Milurile actuale cu cocolitoforidee sînt alcătuite din indivizi ce aparțin la un număr redus de specii (3—5). Aceste miluri ocupă un areal în cadrul unei zone cuprinse între 50°S și 50°N, limite corespunzătoare izotermei de +10°C. Limitele prezenței maxime a acestor organisme pot fi deplasate de curenții calzi (cei mai cunoscuți fiind Gulf-Stream-ul, ce pătrunde în apele arctice, și curentul din nordul Pacificului, care străbate zonele arctice ale Pacificului). Interesant de constatat este faptul că și milurile cu globigerine au cam aceeași răspîndire latitudinală. Dragările efectuate arată că în stratul superficial de apă (pînă la 100—200 m) există circa 32 000 indivizi la litrul de apă (în regiunile calde), pentru ca spre ținuturile temperate să ajungă la 360 000 indivizi la litru; în eșantioane locale, din nordul apelor Scoției, s-au numărat mai multe milioane de indivizi la litrul de apă.

Cercetările oceanografice au arătat că în milurile calcaroase cuaternare din zona tropicală a Oceanului Pacific, cocolitoforideele furnizează 10—15% din conținutul în CaCO_3 al sedimentului, în timp ce în milurile terțiare participarea lor este mai impor-

lantă (se poate ajunge pînă la 50% din cantitatea totală de CaCO_3).

Ca fosile, cocolitoforideele sînt semnalate de la începutul paleozoicului, dar numai din jurasicul inferior pot fi valorificate ca indicatori stratigrafici — atribut care se amplifică în cretacic și, mai apoi, în terțiar și cuaternar. Prezența lor într-un sediment este o dovadă certă a originii lui marine. Ele se întîlnesc într-un număr imens în: marne, marno-calcare, calcare de diferite tipuri și în cretă — care este o rocă alcătuită în majoritate absolută din aceste microorganisme. Din datele de literatură se pot da două exemple: un pachet de marne eocene, gros de 400 m, din Anglia, este format în bună parte din cocolitoforidee (s-au numărat peste 800 000 indivizi/mm³), iar în marno-calcarele pliocene din insulele Sonde (Indonezia) se constată o participare masivă a acestor alge cu peste 5 500 000 indivizi/mm³.

Simplificînd lucrurile, se poate spune că fundul Oceanului Atlantic este acoperit în cea mai mare parte de miluri calcaroase (în schimb, pe fundul Oceanului Pacific predomină argilele roșii sărace în carbonați și bogate în noduli de mangan). Spre cei doi poli, productivitatea ca și acumularea organismelor calcaroase diminuează considerabil, locul lor fiind luat de diatomeele silicioase care formează noroaie (miluri) silicioase.

Milurile cu diatomee sînt alcătuite din frustule de diatomee în proporție de 20—60%.

Diatomeele (fig. 6) sînt alge microscopice foarte răspîndite în apele marine, dulci și sărate de pe toate latitudinile. Talul lor, numit frustulă, este silicios, fiind asemănător cu o cutie prevăzută cu capac. Cutia și capacul formează cele 2 valve ale frustulei. Frustula prezintă o largă diversitate morfologică. Înmulțirea rapidă a acestor alge (îndeosebi

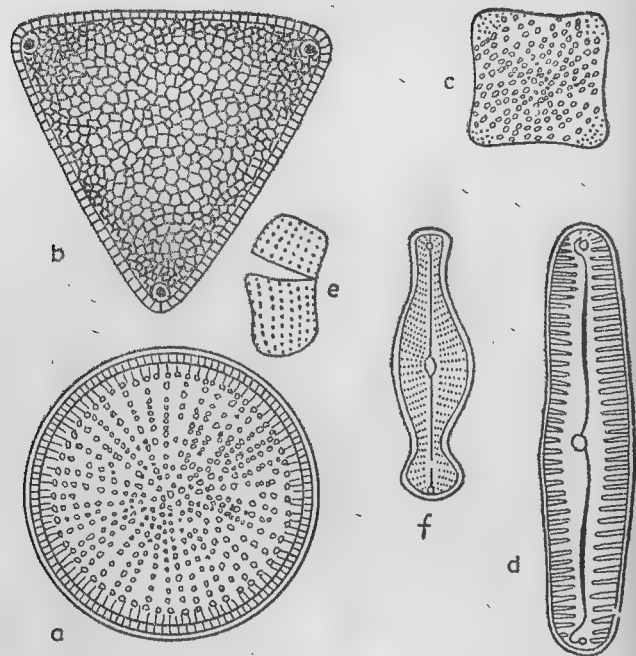


Fig. 6. Genuri de alge cu talul silicios, Diatomee, care participă la formarea milurilor silicioase (a. *Actinocyclus*; b.—c. *Triceratium*; d. *Pinnularia*; e. *Pyxidicula*; f. *Achnanthes*).

primăvara) face ca la anumite latitudini planctonul să fie dominat de acestea. În emisfera nordică, de exemplu, adeseori se pot număra 1 milion de indivizi/m³ apă; unele măsurători din nordul Atlanticului au indicat chiar 200 de milioane indivizi/m³ apă. Se apreciază că 7,2% din suprafața mărilor actuale ar reveni planctonului dominat de diatomee. În vestul Japoniei, la începutul toamnei, apele de

coastă capătă o culoare brun-închisă, cu miros stătut de mlaștină, din cauza dezvoltării exuberante a diatomeelor. Zona din Marea Adriatică numită „Marea Sporco” și-a primit numele tocmai de la masele gelatinoase de diatomee care se dezvoltă aici în cantități impresionante. Se estimează că aproape 50% din volumul diatomeelor este format din globule de ulei, care poate intra în procesul de bituminizare, cu rezultate pozitive în acumulările de hidrocarburi (vezi cap. V).

Milurile cu diatomee, de culoare albă sau gălbuie, au cea mai mare dezvoltare în emisfera australă (între 55 și 65°), la adâncimi de 1 100—6 000 m; în emisfera nordică cea mai importantă dezvoltare a unor astfel de depozite a fost constatată în nordul Pacificului. Aceste miluri sînt întîlnite, în general, în zone marine situate la latitudini ridicate, aproape riguros peste aria de înaintare a ghețarilor plutitori, acolo unde curenții au posibilități foarte mari de dizolvare a CaCO₃ și, deci, reduc proporția acestui mineral în compoziția apei. Milul este în general bine sortat (cu granulație fină) și are caracter siltitic*. Depozitele sedimentare conțin în mod excepțional 2—40% CaCO₃, aport determinat de transportul prin intermediul ghețarilor plutitori.

Analiza medie a unui mil cu diatomee arată următoarea compoziție: diatomee > 40%; foraminifere pelagice > 18%; foraminifere bentonice < 2%; alte organisme > 3%; fracțiune minerală de circa 16% ș.a.

Cele dintîi resturi de diatomee fosile se leagă de prima parte a paleozoicului; prezența lor în jurasic și cretacic nu mai poate să fie pusă la îndoială. Au

* Rocile siltitice au elementele componente (granulele) cu diametre de 0,1—0,01 mm.

devenit foarte numeroase pe parcursul erei neozoice, cînd au jucat un rol litogenetic important, formînd depozite diatomitice (vezi cap. III).

Milurile cu radiolari se găsesc în zone marine profunde (4 200—8 200 m adîncime), radiolarii avînd o participare de peste 20% iar în unele cazuri aceste valori ajung la 60—70%.

Radiolarii (fig. 7) sînt organisme microscopice (din subîncręgătura Actinopoda), exclusiv marine, cu testul silicios (constituit din opal), cu diametrul variabil (50—400 μ), și o mare varietate morfologică (dar de obicei sferic sau sub formă de clopot). Trăiesc în toate mările, la diferite latitudini și adîncimi, dar se dezvoltă mai ales în regiuni în care abundă aportul de cenușă vulcanică, din care își extrag silicea necesară scheletului.

Apele Oceanului Pacific sînt medii bune de dezvoltare a radiolarilor. Aici, apele de adîncime conțin de patru ori mai multă silice (SiO_2) decît apele Atlanticului. Puterea de dizolvare în adîncime este legată de existența unei mari cantități de CO_2 și de presiune. S-a constatat că planctonul silicios rezistă mai bine la presiune decît cel calcaros.

O probă medie de ml cu radiolari conține: radiolari < 55%; foraminifere pelagice > 3%, foraminifere bentonice circa 0,1%; fracțiuni minerale < 2% etc. (Participarea radiolarilor la geneza unor roci din timpurile geologice este prezentată pe larg în cap. III). Și alte organisme pot să ia parte astăzi la formarea unor miluri calcaroase (de exemplu, moluște din grupul *Pteropoda*) și silicioase (alge din grupul silicoflagelatelor).

c) Marea Neagră — un biotop particular. Depozitele sedimentare din Marea Neagră poartă pecetea unui bazin acvatic cu caracteris-

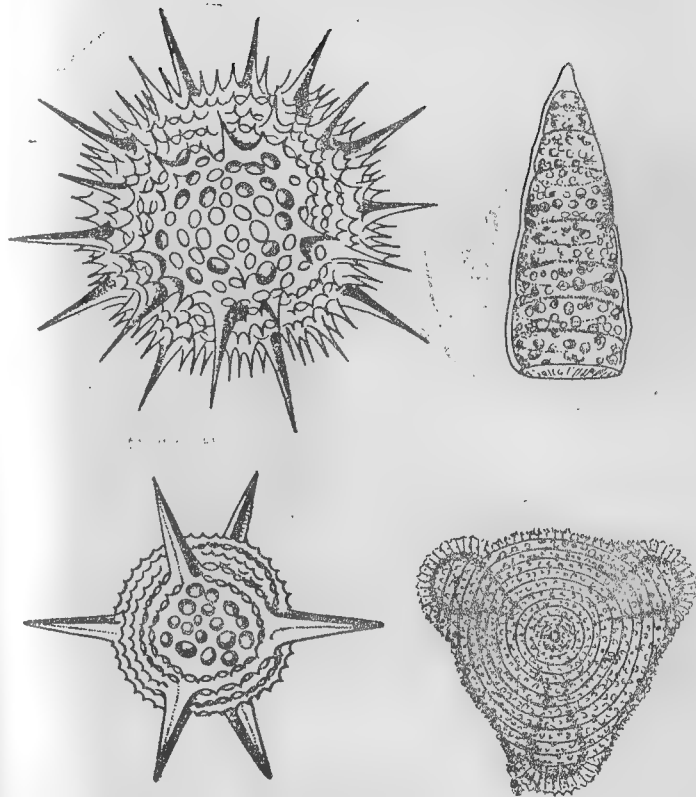


Fig. 7. Genuri de radiolari, principalii constituenți ai milurilor silicioase.

tici unice. Trăsăturile particulare ale sedimentării în Marea Neagră se datoresc mai ales evoluției geologice a acestui bazin acvatic, ca și raporturilor pe care le are cu suprafețele continentale din jur și cu bazinele acvatice limitrofe.

Marea Neagră, cu o suprafață de 413 488 km², este un bazin semiînchis, avînd legătură cu Marea Mediterană (deci, cu Oceanul Atlantic) prin strîmtorarea foarte îngustă a Bosforului (sub 2 km lățime în partea ei cea mai îngustă și numai de 45 m adîncime). Adîncimea medie este de 1 271 m, adîncimea maximă (2 245 m) fiind atinsă în regiunea central-sudică. Platforma continentală este foarte extinsă, îndeosebi în partea de NV (deci, inclusiv în zona litoralului dobrogean). Pentru că în Marea Neagră se varsă numeroase fluviu și riuri mari (Dunărea, Prutul, Nistrul, Bugul, Niprul, Kîzîl İrmak ș.a.), salinitatea la suprafață (pînă la 25 m) este redusă: 16—18‰, pentru ca între 25 și 100 m să oscileze în jur de 21‰; spre profunzime se atinge maximul de 22,5‰. Temperatura medie în timpul verii este de +25°C, scăzînd iarna la o medie de 6—8°C (la țarm poate chiar îngheța, în iernile mai grele).

Dar cea mai caracteristică particularitate a Mării Negre este existența a două straturi de apă:

— un strat superficial (de 150—200 m grosime), aerisit, în care prosperă viața vegetală și animală;

— și un strat de profunzime, cu conținut ridicat în H₂S, care se dezvoltă sub cel de suprafață și în care viața nu este posibilă. Tocmai acest strat reduce cător dă specificitatea de care vorbeam.

Această caracteristică se datorește curentului de fund, de salinitate ridicată, deci cu apă mai grea, ce se strecoară în Marea Neagră venind din Mediterana, și curentului superficial de apă mai îndulcită, deci ușoară, ce se scurge din Marea Neagră spre Marea Mediterană. La această situație se adaugă lipsa sau prezența în proporție redusă a curenților verticali, de amestec.

Desigur, sedimentele organice sînt dependente de producția planctonului din stratul superior, aerisit,

care — cum spuneam — are în general o grosime doar de 150—200 m. O foarte bogată faună de nevertebrate și vertebrate (apreciate la vreo 1 500 specii), ca și un fitoplancton abundent* asigură o sedimentare bogată și specifică. Răspîndirea celor mai importante tipuri de sedimente este redată în fig. 8. În cele ce urmează vom prezenta pe scurt principalele tipuri de sedimente caracteristice Mării Negre.

*Lumașelele*** se formează în zona litorală stîncoasă. Acolo se dezvoltă în condiții favorabile cochiliile

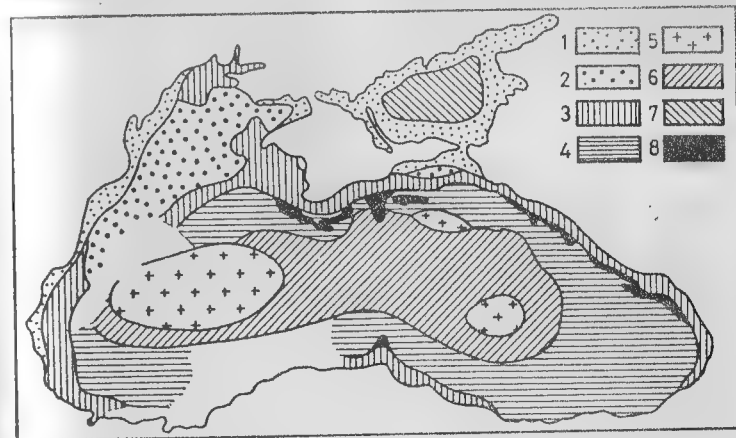


Fig. 8. Repartizarea sedimentelor pe fundul Mării Negre; 1. nisipuri, 2. lumașele, 3. mîl cu *Phaseolina* și *Mytilus*, 4. mîl cenușiu, 5. mîl calcaros, 6. mîluri de tranziție, 7. alte sedimente mîloase, 8. zone fără sedimente actuale.

* În anumite sectoare cocolitoforideele sînt foarte abundente — pînă la un milion de indivizi într-un litru de apă; calitativ însă, s-au recunoscut doar 5 specii.

** Lumașelul (ital. *lumaca* = melc) este o rocă alcătuită predominant din cochiliile de gasteropode și lamelibranhiate.

de gasteropode (*Patella*), lamelibranhiate (*Mytilus*), apoi crustacee (*Balanus*, *Pachygrapsus*), alge verzi, brune, actinii etc.

Nisipurile au în alcătuirea lor aluviuni terigene, material rezultat din distrugerea țărmului (sub acțiunea valurilor), fragmente calcaroase provenite din distrugerea cochiliilor ș.a. Acolo își duc traiul o serie de organisme ce-și împlintă corpul în substrat (viermi, moluște, crustacee, pești etc.).

Tot în mediul litoral se găsesc sedimente organice formate pe seama acumulării plantelor și animalelor din alte două biocenoze, și anume din *cîmpurile cu Zostera* (alături de care se găsesc crevete, peștișori, căluți de mare etc.) și *cîmpurile cu Ostrea* unde se pot identifica, alături de ostrei, cochilii de melci (*Nassa*, *Trochus*), scoici (*Venus*, *Donax*, *Telina*), raci etc.

Milul cu Phaseolina și *Mytilus* ocupă părțile cele mai îndepărtate ale platformei, pînă la adîncimea care marchează, în general, limita stratului oxigenat.

Sub limita inferioară a păturii oxigenate caracterul sedimentelor se schimbă, resturile de substanță organică (mai mult sau mai puțin dezagregată fiind în cantități apreciable) datorită mediului reducător existent acolo. Mai importante sînt *milurile cenușii* unde alături de materialul argilos (75%) se află și materie organică (3—5%), *milurile calcaroase* (compușe din 30% material argilos, 62% carbonat de calciu, 8% substanță organică etc.) și *milurile de tranziție* (constituite din alternanțe de miluri cenușii și calcaroase, în proporții diferite).

Deosebit de importante pentru studiul sedimentării actuale sînt *milurile subfosile*, aflate sub cele calcaroase, care sînt niște *miluri negre sapropelice*,

cu circa 35% materie organică. Se admite că aceste condiții de bituminizare sînt comparabile cu cele care au dat naștere la rocile-mumă de petrol.

2) Turbării și noroaie bituminoase

Înțelegerea fenomenelor geologice care au determinat geneza diferitelor tipuri de cărbuni fosili este ușurată de cunoașterea formării în etapa actuală, sub ochii noștri, a turbelor și a noroaielei bituminoase.

a) *Tipuri de turbării și turbe.* Turba este un sediment recent ori subfossil (eventual fossil) al mlaștinilor neaerisite, compus în majoritate absolută din resturi vegetale bine conservate, ce-au trecut însă printr-un proces de transformare biochimic și parțial fizico-chimic, din care a rezultat o relativă îmbogățire în carbon (*turbificare*). Mlaștina este o formațiune biogeografică acvatică neaerisită, ale cărei plante în loc să putrezească sau să se mineralizeze după moarte, se turbifică aglomerîndu-se în cele din urmă la fund sub formă de zăcămint turbos (fig. 9). Mlaștina de turbă, numită în mod curent „turbărie“ (prin adaptarea termenului francez *tourbière* încă acum un secol), este o mlaștină care are la temelie sau un zăcămint turbos de cel puțin 30 cm grosime (și, în general, cu o suprafață mai mare de 0,5 ha).

Procesul de formare a turbei (*turbificarea*) este inițiat de o intensă activitate bacteriană. În apa mai puțin acidă a mlaștinilor obișnuite (*eutrofe*) se găsesc numeroase tipuri de bacterii, inclusiv cele nitrificante, denitrificante și hidrolizante ale celulozei. S-a constatat că într-o turbărie eutrofă, bacte-

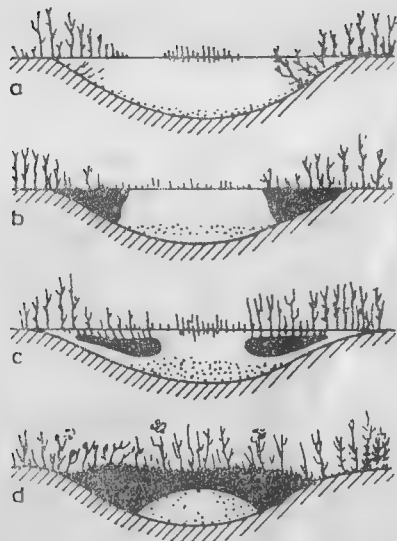


Fig. 9. Faze evolutive în formarea unei turbării (a. faza incipientă de invadare cu material vegetal a bazinului; b.—c. faza de invadare accentuată sau înmlăștinire; d. faza de umplere completă cu material vegetal și cu mluri și nisipuri, în condiții anaerobe ceea ce favorizează incarbonifierea).

riile aerobe, actinomicetele și mai ales ciupercile scad în mod sensibil cu adâncimea. În schimb, bacteriile anaerobe cresc cantitativ ușor spre adâncime. Partea aeriană, bine dezvoltată, a plantelor din aceste mlaștini cade periodic în apă, fiind supusă procesului de degradare bacteriană. După ce plantele moarte ajung sub apă și se acoperă cu ml, ele sînt ferite în cea mai mare parte de contactul cu oxigenul, oprindu-se în acest fel distrugerea țesuturilor plantelor respective. Într-adevăr, la o mică

adâncime de la suprafață nu mai găsim bacterii aerobe, în schimb, în stratele profunde mai persistă doar bacterii anaerobe.

În mlaștinile *oligotrofe* (tinoave) se creează un mediu foarte acid sau chiar toxic. În ele se găsesc mai puține bacterii. Microorganismele din aceste turbe cu *Sphagnum* (numite sfagnete) sînt acidofile. Frecvența lor scade la un pH ridicat, pentru a spori cînd se atenuază aciditatea. În timp ce numărul bacteriilor crește în mod sensibil cu micșorarea acidității, ciupercile sporesc și ele, dar într-un ritm mai atenuat. Raportul dintre bacterii și ciuperci descrește pe măsură ce scade aciditatea. În schimb, pe măsură ce alcalinitatea unui sfagnet crește spre adâncime va crește și numărul bacteriilor. Bacteriile azoto-amoniacale sînt puțin active (din cauza acizilor humici și datorită lipsei de oxigen). De aceea, procesul de degradare bacteriană a plantelor moarte este redus, încetînd complet la adîncimi mici de la suprafață. Din acest motiv, structura plantelor de odinioară este mai bine conservată în mlaștinile oligotrofe (față de cele eutrofe).

După această etapă inițială, de agresiune bacteriană (mai dezvoltată în mlaștinile comune și redusă în tinoave), procesul de turbificare scapă (probabil, în cea mai mare parte) de sub controlul agentului biologic, fiind desăvîrșit într-o etapă ulterioară de factorii fizico-chimici (etapa fizico-chimică de turbificare). Dintre acești factori cel mai important este presiunea crescîndă, ce vine din partea propriei greutate a turbei și a păturii de apă, avînd ca rezultat tasarea sedimentului turbos. În cadrul acestui proces au loc fenomene speciale de adeziune și capilaritate. Dintre factorii chimici sînt mai importanți: absența oxigenului liber, reacția acidă a apei și apariția acizilor humici. Cît privește natura chi-

mică a acizilor humici atât de caracteristici pentru mlaștinile de turbă se apreciază că ei provin din degradarea chimică a ligninei, a zaharurilor, a substanțelor taninice și mucilaginoase. Găsindu-se în stare coloidală, ei măresc considerabil capacitatea turbei (care se formează) de a încorpora apa (turbele conțin 70—95% apă). Substanțele proteice ale plantelor moarte sînt și ele incomplet saturate. În primele stadii ale turbificării, ele ajung să devină azotos-amoniacale în parte, ba în mlaștinile comune pot să se degradeze pînă la CO_2 , metan și apă. În general însă, degradarea lor pare a se opri la compuși tanino-proteici stabili. Turba va conține, deci, aproape numai azot organic și foarte puțin sau deloc azot mineral, asimilabil de către plante. Mai ușor sînt degradate glucidele solubile și aminoacizii; mult mai greu este dezorganizată (distrușă) celuloza. Fosforul și sulful din moleculele proteice trec în compuși anorganici și pot fi spălați de apa de infiltrație. Substanțele organice cel mai puțin atinse în procesul de turbificare sînt rezinele, uleiurile și grăsimile, dar mai ales sporopolenina ce alcătuiește exina sporilor și polenului. Aceasta, dealtfel, a și favorizat buna cunoaștere palinologică a depozitelor turboase. În țara noastră, turbăriile cuaternare au fost studiate palinologic cu rezultate remarcabile de Emil Pop și școala sa din Cluj-Napoca.

Luînd în considerare participarea elementelor chimice în cadrul sedimentelor de turbă, se poate conchide că turbificarea se finalizează printr-o îmbogățire relativă în carbon și o sărăcire remarcabilă în oxigen. Proporția relativ ridicată de carbon se realizează mai ales pe seama celulozei. Totodată, în turbe are loc o creștere relativă a proporției de cenușă față de conținutul corespunzător din organele vegetale inițiale; se mai constată și o îmbogățire în

coloizi, care sînt responsabili de excesul în apă al turbei.

Turbăriile cu un areal foarte larg — din zonele polare pînă la cele ecuatoriale — sînt clasificate în funcție de amplasarea geografică în două categorii:

— turbării *paralice*, dezvoltate în lungul litoralului, de obicei în lagune vechi pe cale de desalinizare progresivă, eventual invadate periodic de apele marine (fig. 10);

— turbării *limnice*, individualizate în interiorul continentelor, în văi sau pe platouri mlaștinoase (fig. 11).

Luînd în considerare cantitatea de materii minerale oferite de solul sau apa mlaștinii, se deosebesc: turbării eutrofe (a căror vegetație dispune din abundență de săruri nutritive) și turbării oligotrofe (în acest caz sărurile nutritive se reduc la minimum, ceea ce face ca puține plante să se poată adapta acestor condiții extreme). De fapt, criteriul amintit este funcție de un întreg complex de factori, ca: natura solului, morfologia terenului, clima etc. Dar toate la un loc, mai ales clima, determină și natura vegetației de pe mlaștină.

Mlaștina eutrofă (comună) se caracterizează printr-un substrat saturat de apă, bogat în substanțe nutritive, ce provine din apele de infiltrație, ca și prin lipsa de aerisire a solului și a apei. Astfel de condiții sînt ușor realizabile în orice formațiune geologică și în condiții climatice diferite, ceea ce explică răspîndirea mlaștinilor eutrofe pe întreaga suprafață a globului. De exemplu, mlaștinile de turbă din regiunile tropicale sînt în întregime eutrofe.

Mlaștinile de acest tip iau naștere în orice depresiune a terenului, în lacuri fără aerisire (pe care le colmatează), în jurul izvoarelor, pe luncile riurilor etc. Sînt tributare apelor de infiltrație, care conțin

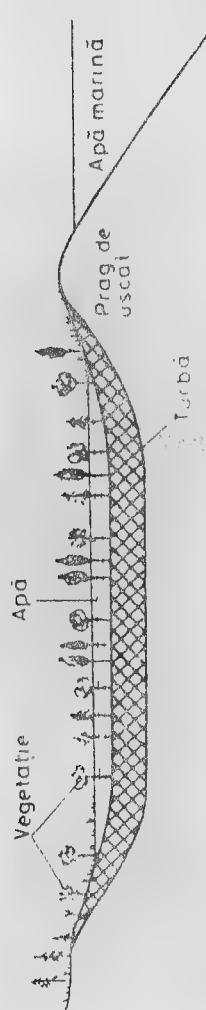


Fig. 10. Formarea unui zăcămint de turbă în apropierea mării.

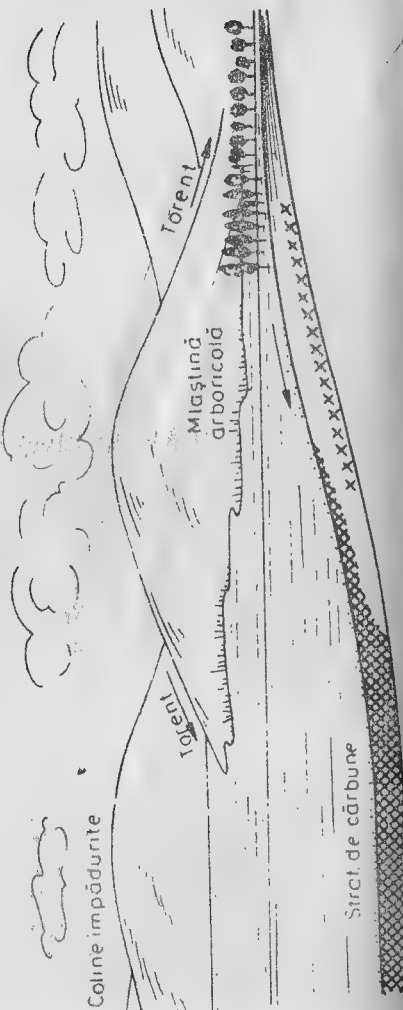


Fig. 11. Formarea unei lagune în care se formează depozite de turbă.

cantități importante de substanțe minerale (totdeauna peste 0,15%). Solul de bază, saturat de apă, este și el bogat în substanțe nutritive, având o reacție de cele mai multe ori neutră sau slab acidă.

Suprafața mlaștinii eutrofe este întotdeauna plană, niciodată bombată la mijloc. Din această cauză se mai numesc „mlaștini plane” sau „joase” („*Flach-Moor*”) și nu pentru că ele ar fi caracteristice zonei de cîmpie. Într-adevăr, ele se pot individualiza la cele mai diverse altitudini.

La noi în țară (ca de altfel într-o bună parte a Europei) flora mlaștinii se compune în majoritate din plante acvatice mari, eutrofe, din genurile: *Phragmites*, *Typha*, *Scirpus*, *Juncus*, *Carex*, *Dryopteris*, *Equisetum* ș.a. Acestea se amestecă cu diferite specii lemnoase ale genurilor: *Salix*, *Alnus*, *Rhamnus*, *Betula*, *Populus* etc. Aspectul vegetației este foarte diferit de la caz la caz. Uneori domină trestia (*Phragmites*), alteori rogozul (*Carex*), mai ales sub formă de „perini” sau „popîndaci”; cîteodată capătă aspectul unui finaț umed sau al unui ariniș ori răchitiș înmlăstinit. În decursul procesului de colmatare, adeseori vegetația se dispune zonal, ceea ce se va oglindi și în stratigrafia zăcămintului turbos.

După ce se umple mlaștina eutrofă, de obicei ea își încheie ciclul evolutiv transformîndu-se într-un tip de vegetație mezotrofă, ierboasă sau lemnoasă. Cînd însă condițiile climatice sînt favorabile, peste ea se poate înfiripa cu încetul un tinov care crește peste nivelul dimprejur și se revărsă centrifug peste periferia de altădată a mlaștinii-mume.

Turba mlaștinilor eutrofe se formează sub nivelul apei de infiltrație, fiind din acest motiv o „turbă înfractivă”. Acest fel de turbă este bogată în cenușă

(peste 10% sau chiar peste 50%), formînd mai ales varietăți de calitate inferioară.

În ansamblul lor, pe scară planetară, mlaștinile eutrofe cunosc o mare diversitate: mlaștini cu conifere și foioase; mlaștini împădurite cu foioase; mlaștini cu ierburi înalte, dar cu păduri de *Taxodium*, *Nyssa*, *Liquidambar*; mlaștini cu ierburi înalte de apă dulce; mlaștini din ținuturile de mangrove etc.

Pentru implicațiile pe care le au în explicarea genezei cărbunilor fosili, vom stăruia mai departe asupra turbăriilor de pe coasta orientală a S.U.A. și a mlaștinilor de mangrove.

În ceea ce privește turbăriile de pe coasta atlantică a S.U.A., ne este mai bine cunoscută turbăria Dismal Swamp. Numele de Swamp este de obicei rezervat mlaștinii cu *Taxodium*. Dismal Swamp este situată pe marginea coastei atlantice americane (la granița dintre statele Virginia și Carolina de Nord). Această mlaștină măsoară circa 60 km lungime și 40 km lățime, înglobînd și un lac neînviat de vegetație (lacul Drummond), de circa 5 km în diametru. Ansamblul turbos este un vechi fund marin pliocenic, emers cel puțin 10—20 m, mărginit spre vest de un escarpament ce corespunde la un vechi țărîm. Altitudinea actuală a turbăriei nu este decît de cîțiva metri, în medie, deasupra nivelului mării, de care este separată prin creste nisipoase, analoage dunelor. Cea mai mare parte a mlaștinii este acoperită de o pădure nu prea variată, în cadrul căreia domină:

— în mlaștina acoperită de ape: *Taxodium distichum* (care ocupă regiunile constant umerse); *Nyssa sylvatica* (care vegetează în zonele aproape constant umerse), *Juniperus virginiana* (ce crește în zonele emerse în timpul sezonului secetos);

— în mlaștina în general emersă se dezvoltă diferite specii de pini și cedrul alb.

Solul mlaștinii (studiate pe mai mult de 50% din suprafața totală) este constituit din turbă, a cărei grosime și compoziție variază dintr-o zonă în alta. Grosimea turbei variază de la 0,30 m la 6 m, grosimea medie fiind de 2,10 (ceea ce corespunde la 672 milioane t). Turba din zonele neîmpădurite (mai ales din preajma lacului Drummond) diferă de turba din regiunile împădurite prin conținutul ridicat în spori și grăuncioare de polen. În zonele cu *Taxodium*, unde aciditatea apei este mai scăzută, turba are 13% resturi organice*, pe cînd în zona cu *Juniperus* turba are 94% resturi organice, depuse într-un mediu mai acid.

Turbării analoage mai sînt cunoscute de-a lungul coastei atlantice nord-americane; unele sînt chiar mai întinse decît Dismal Swamp, cum ar fi mlaștina Okefinoke (din sudul statului Georgia), mlaștina Everglades (din Florida), a cărei suprafață atinge circa 20 000 km².

În afara acestor mlaștini atlantice americane care se dezvoltă într-un climat temperat, există și numeroase mlaștini în regiuni tropicale cu anumite particularități. Astfel, în unele regiuni din Sumatra, turbăriile pot să atingă 500 km², cu o grosime a turbei de 9 m. Acolo vegetația este foarte variată (de la predominant arborescentă pînă la erbacee).

Alături de mlaștinile mai sus amintite, dezvoltate în regiuni limnice (zone temperate sau tropicale), se cunosc mlaștini ce se dezvoltă pe seama unei vegetații tributare mediului marin. Acestea sînt formațiunile de mangrove, asociații vegetale susceptibile

* Adică bucăți vegetale puțin afectate de descompunerea bacteriană.

să dea naștere unor depozite de turbă. Mai importante sînt mangrovele care mărginesc coastele joase ale regiunilor intertropicale din nordul Noii Zeelande, Sri Lanka, Cuba, Florida etc. Condițiile de viață din mangrove, prin adaptarea la mediul imers, amintesc mai mult de arborii din mlaștinile împădurite. Condițiile formării turbei din vegetația de mangrove, ca și a vegetației comensale ei, sînt puțin cunoscute. Mediul marin trebuie să fi determinat o modificare importantă a microorganismelor cu rol în descompunerea resturilor vegetale (în procesul de turbificare). În plus, mările care acționează în zonele mangrovelor produc o circulație de ape ce favorizează mai curînd putrezirea vegetalelor decît formarea turbei.

Mlaștina oligotrofă (tinovul) este mult mai puțin variabilă față de mlaștina eutrofă. Are o răspîndire limitată, un aspect particular și o floră săracă în specii. Formațiunile fitogeografice ale tinovului sînt printre cele mai rare. Condiția principală pentru formarea și dezvoltarea unei mlaștini oligotrofe este carența solului în substanțe minerale nutritive (de obicei, sub 0,03%) și mai ales în CaCO_3 . De aceea tinovul apare și este întîlnit pe rocile silicioase (șisturi cristaline, roci vulcanice acide-neutre, gresii, aluviuni etc.), dar niciodată pe calcare (numai cînd peste calcarul respectiv s-a sedimentat un strat izolator de nisip sau de turbă eutrofă, ea însăși mult mai săracă în săruri decît solul original).

Izolată de sol, adeseori chiar complet, flora tinovului este obligată să trăiască pe seama particulelor minerale aduse de vînt în mlaștină, dar mai ales a urmelor de materii nutritive care se găsesc în precipitații atmosferice. De aceea este nevoie de o mare cantitate de precipitații, pentru ca tinovul să poată ființa (în general, peste 600 mm anual); tot atît de

importantă însă este și repartizarea periodică a precipitațiilor, ca și umiditatea relativă a atmosferei. În buna dezvoltare a tinovului intervine, bineînțeles, și temperatura. Se știe, astfel, că frigul excesiv (din zonele polare și din ținuturile altitudinilor înalte) împiedică formarea mlaștinilor oligotrofe. Dar și mai nefavorabile sînt temperaturile înalte, chiar dacă ele coincid cu precipitații de proporții potrivite. Din acest motiv turbăriile oligotrofe lipsesc la tropice. Cele arătate ne explică de ce tinoavele (contrar mlaștinilor eutrofe) au o cantonare limitată, numai în anumite regiuni climatice ale globului. Patria tinovului este regiunea rece temperată din emisfera nordică (în special Europa boreală, inclusiv U.R.S.S.; America de Nord). În această regiune tinovul poate coborî pînă în zona litorală. Mai spre sud, tinovul se găsește sporadic pe dealuri și munți, avînd limita meridională în zona munților Pirinei, Balcani, Caucaz. În regiunea tropicală lipsește, pentru ca să reapară în regiunea extremă a Americii de Sud (Para de Foc) și pe continentul australian (sub forme netipice).

Flora tinovului este compusă din plante oligotrofe, mai ales specii de *Sphagnum*, care prin felul său de viață, decide reacția chimismului, fizionomia și în general condițiile de viață ale tinovului. Astfel, în urma vegetării speciilor de *Sphagnum*, solul și apoi mlaștinii devin foarte acide ($\text{pH} = 3,5-5$). Apar acizii humici sub formă coloidală, care colorază apa mlaștinii în brun de diferite nuanțe. Înțelega structură anatomică a *Sphagnum*-ului reprezintă o adaptare la absorbția apei (poate absorbi de 10-20 ori mai multă apă decît greutatea proprie). Ritmul de acumulare a apei și, deci, de creștere a mlaștinii este maxim la mijlocul său, atenuîndu-se spre margini. Din această cauză tinovul este

mult mai ridicat la mijloc (uneori cu mai mulți metri) decât la margini. Această bombare, sub formă de sticlă de ceasornic, rămâne caracterul morfologic cel mai de seamă al tinovului, de aici denumirea ce i s-a dat de „mlaștină înaltă“ (*Hoch-Moor*). În ansamblul sfagnetului se individualizează mii de „perini“ mărunte, așa încît suprafața tinovului poate să fie comparată cu cea a unei conopide coapte. În același timp însă, sfagnetul crește mereu și la periferia sa, de aceea tinovul (contrar mlaștinii eutrofe) se întinde permanent centrifug peste terenul original neînmulaștinit din jur. În flora sfagnetului se găsesc specii de: *Sphagnum*, *Vaccinium*, *Drosera*, *Andromeda*, *Carex*, *Eriophorum* ș.a. Speciile de *Betula*, *Erica*, *Calluna*, *Vaccinium*, *Pinus*, *Picea* au porturi mai mult sau mai puțin pipernicite.

Zăcămintul de turbă din tinov se edifică independent de apele de infiltrație, peste nivelul lor, de aceea este o „turbă-supraacvatică“ (în opoziție cu cea eutrofă „infraacvatică“). Turba de tinov este acidă (mai mult sau mai puțin aseptică), săracă în cenușă (în medie 2%) și mai ales practic lipsită de calcar. Turba de tinov, îndeosebi cea veche, este în general de cea mai bună calitate.

În România mlaștini eutrofe se cunosc în: Bazinul Crasnei, al Ciucului, Bazinul Gheorgheni, Depresiunea Bîrsei, Bazinul Oltului făgărășan, Bazinul Dornei etc. Mlaștini oligotrofe sînt cunoscute în: Oaș-Maramureș, Munții Călimani, Bazinul superior al râului Sebeș, regiunea Muntelui Semenic, în cursul superior al Someșului Rece și Cald etc.

b) *Noroaie bituminoase*. În unele lacuri sau chiar în anumite bazine marine, algele joacă un rol preponderent în alcătuirea planctonului. Ele pot forma adevărate aglomerări la suprafața apei, dez-

voltîndu-se în așa mare cantitate încît duc la „înflorirea“ apei.

Încă în prima parte a secolului nostru, H. Potonié observa că pe fundul lacului Ahlbeck (de lângă Szczecin — R. P. Polonă) există un depozit gros de 17 m, format pe seama acumulării planctonului bogat în alge. După moarte, microorganismele se depun pe fundul bazinei și, în timp, se amestecă cu alte resturi organice (plante superioare, nevertebrate acvatice, frunze, spori, polen etc.) și particule minerale (argile, nisipuri, calcare ș.a.) determinînd formarea noroiului bituminos. Acest nămol gras a fost numit de cercetătorul german mai sus amintit, *sapropel* (gr. *sapros* = putred, *pelon* = mîl, nămol), termen care ulterior avea să se extindă și asupra altor depozite mai puțin bogate în alge. Sapropelul, prin deshidratare, trece într-o masă solidă, închisă la culoare, numită *saprocol*. Astfel de depozite sapropelice au fost descrise și de Zalesky în lacul Balhaș — U.R.S.S., ele atîngînd 5—9 m grosime. În alcătuirea depozitelor sapropelice actuale se remarcă participarea preponderentă a algei verzi *Botryococcus* (fig. 12).

Procesul sapropelizării a fost caracterizat ca fiind un fel de distilare lentă, în urma căreia se formează metan și, secundar, hidrogen, amoniac, hidrogen sulfurat etc. În timpul sapropelizării are loc, pe lângă o îmbogățire în carbon, și o îmbogățire în azot, respectiv în substanțe grase.

Din punct de vedere chimic, sapropelul conține mai mult hidrogen decât turba, ca urmare a conținutului în ceruri al sporilor și polenului (aduși de vînt). O altă deosebire între turbă și sapropel este aceea că sapropelul are o reacție predominant reductoare, iar turba o reacție oxidantă (de aceea, un obiect de fier ruginit introdus în sapropel pierde

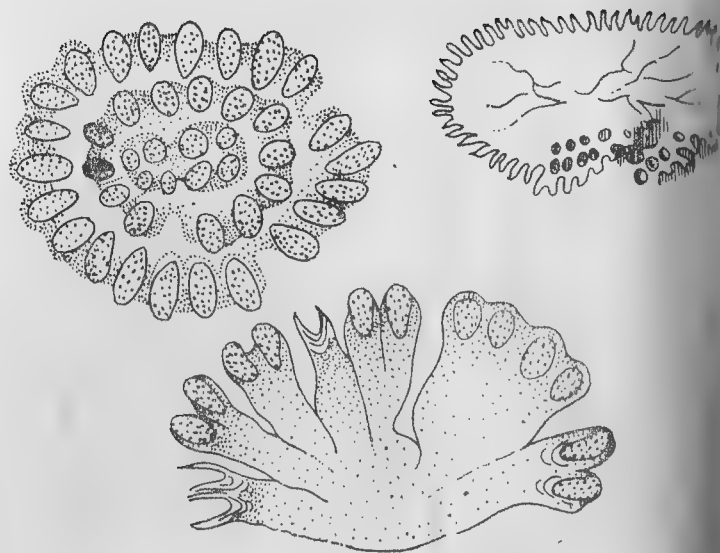


Fig. 12. Alga verde *Botryococcus*; tal colonial cu celule în formă de degetar, văzut lateral și de sus.

rugina, în schimb, în turbă, orice obiect de fier curat ruginește).

În unele lacuri și lagune din districtul Murray (Australia) se cunoaște un depozit sapropelic numit *coorogonit*, de culoare închisă (brun, gri-negru), gros de 1—30 cm. El provine din algele coloniale care năpădesc suprafața lacurilor din regiune. În fiecare an, în sezonul secetos, acestea se depun spre marginile iazurilor în strate cu grosimi diferite. Într-o etapă ulterioară, de deshidratare, materialul organic își schimbă culoarea verde într-una brună închisă și se solidifică ca o masă elastică, unde alături de alge și alte resturi vegetale se mai găsesc diverse

animale, ca și fragmente nisipoase. Cea mai mare parte a acestui depozit organic (numit foarte sugestiv de unii „cauciuc australian” sau „bitumen plastic”) este alcătuită din alga *Elaeophyton coorogonit* (considerată de unii cercetători drept o specie aparte de *Botryococcus*).

Ce știm în prezent despre botriococaceele ce participă majoritar la formarea acestor noroaie bituminoase? Familia amintită aparține algelor verzi (talofite) planctonice, microscopice. Mai bine cunoscută este alga colonială *Botryococcus braunii*. Fiecare colonie este formată dintr-un număr mai mare sau mai mic de celule dispuse radial, prinse într-o masă mucilaginoasă. Sistematicienii au constatat că această algă este extrem de polimorfă și o interpretează ca o „fosilă vie”, căci persistă aproape neschimbată de la mijlocul erei paleozoice (din silurian) și până astăzi. Alga se remarcă prin conținutul ridicat de ulei (colorat de carotenoizi), care impregnează toată masa plantei. Cei care i-au studiat biologia au ajuns la concluzia că în urma unei insolării puternice și prelungite, acest ulei capătă o intensă tentă de roșu, devenind astfel un ecran protector pentru organism, contra acțiunii razelor solare. Înmulțindu-se cu o rapiditate extremă (fiecare celulă se divide în două, apoi în patru ș.a.m.d.) se ajunge ca oglinda lacului să fie invadată de aceste „flori de apă” pe suprafețe de mulți kilometri pătrați.

Înainte de a încheia acest capitol menționăm că studiile microscopice asupra cărbunilor bituminoși pot fi în evidență analogia care există între ei și depozitele sapropelice amintite. În ambele cazuri în aceste depozite se pot recunoaște părți mai mult sau mai puțin complete din talul algelor, poleno-spori și micelii de ciuperci.

II. CALCARE ORANOGENE

Calcarele (lat. *calx*, *calcis* = piatră de var) sînt roci sedimentare formate exclusiv, ori în cea mai mare parte, din carbonat de calciu (CaCO_3) sub formă de calcit sau aragonit (mult mai rar)*. Pot fi pure sau impure, amestecate cu argile, silice, oxizi de fier, carbonat de magneziu, substanțe bituminoase etc. În funcție de conținut, ele pot avea cu-

* *Calcitul* este un carbonat natural, anhidru, de calciu, care cristalizează în sistemul romboedric (trigonal) în peste 2000 de forme. Este incolor sau colorat diferit din cauza impurităților (magneziu, fier, mangan, zinc etc.). Este un mineral foarte comun, care alcătuiește aproape în întregime calcarele sedimentare, marmura, găsindu-se și în majoritatea filoanelor hidrotermale. Cristalele mari și limpezi de calcit, numite „spat de Islanda“, se utilizează în industria optică. În țara noastră se întâlnește frecvent ca mineral de gangă în filoanele hidrotermale din Munții Maramureșului, Munții Metaliferi etc.

Aragonitul este carbonat natural de calciu, izomorf cu calcitul, de care se deosebește prin faptul că cristalizează în sistemul rhombic. Are culori diferite (albă, albă-gălbuie, cenușie etc.), cu luciu sticlos. Se găsește ca mineral hidrotermal în golurile unor roci magmatice (de exemplu, în andezitele bazaltice din Munții Călimani), apoi ca mineral de precipitație în izvoarele termale bogate în carbonat de calciu (Băile Herculane), cît și în cochiliile moluștelor.

lori diferite: de la alb (cînd sînt pure), la galben, roșcat, pînă la negru.

Am arătat în capitolul precedent că în multe din organismele vegetale și animale calciul (în special sub formă de carbonat) joacă un rol de seamă. Participă la constituirea scheletului unor animale (inferioare și superioare), cît și la edificarea talului unor alge (calcaroase). Se pare că adeseori rolul calciului în organisme crește paralel cu treapta de evoluție pe care se află, fiind în raport invers cu ponderea siliciului.

Unii oameni de știință susțin ipoteza potrivit căreia viața pe Pămînt, în perioada protoorganizării sale chimice, s-a bazat pe compuși siliciului — datorită „caracterului silicios“ al mediului primar. Carbonul a intrat în structura chimică a protoorganismelor ca un rezultat al proceselor secundare, substituind siliciul. Sursa de carbon a constituit-o carbonatul de calciu, care a început să pătrundă în compoziția organismelor în calitate de component structural, concurînd în procesele de formare a scheletului cu siliciul. În evoluția materiei vii — arată susținătorii ipotezei — această concurență este ușor de urmărit căci unele protozoare și alge își construiesc scheletul din calciu, altele din siliciu. Pe măsură ce se trece la organisme superioare, importanța calciului crește, iar a siliciului, dimpotrivă, scade.

După părerea noastră, documentele paleontologice susțin că cele două elemente chimice (calciul și siliciul) au intrat în competiție aproximativ simultan. Așa ne putem explica cum în cele mai vechi depozite (din precambrian și apoi din paleozoicul inferior) se găsesc, alături de organisme primitive cu schelete calcaroase, și cele silicioase. Pe treptele organizării vieții, în perioadele geologice ce au urmat, cal-

ciul s-a dovedit mai competitiv, fapt dovedit de ponderea importantă a acestui element (în raport cu siliciul, adeseori cotelat ca element biofil minor).

1) Calcarele organogene de-a lungul timpurilor geologice

Din grupa calcarelor, cea mai importantă categorie este aceea a *calcarelor organogene**. Acestea sînt roci sedimentare ce conțin 75—90% CaCO_3 , acumulate în bazine marine, lagunar-salmastre sau lacustre. Calcarele de acest tip se formează prin depunerea diferitelor resturi de organisme (plante și animale) în anumite zone ale bazinului de sedimentare, funcție de arealul ocupat de acestea. În urma îngropării în sedimentele marine, de regulă milurile calcaroase, resturile de organisme formează împreună cu sedimentele faciesul caracteristic (facies coraligen, facies algal etc.).

Geografic, zonele oceanice saturate în CO_2 și CaCO_3 sînt cele tropicale, unde temperaturile sînt ridicate, presiunea scăzută, viața fiind extrem de bogată atît în zonele mai puțin adînci populate cu plancton, cît și pe fundul acestor bazine (unde se află bentos). Arealul apelor suprasaturate în CaCO_3 este cuprins între 35° lat. nordică și 32° lat. sudică (fig. 13). Regiunile temperate și reci, dispuse de o parte și de alta a acestui briu central, bogat în sedimente calcaroase, conțin mai puțin CaCO_3 .

* Mai există calcare anorganice, ce rezultă în urma fenomenului de precipitare chimică în lacuri puțin adînci și mări (de exemplu, calcarele oolitice), precum și la gura izvoarelor carbonatate (aici se includ tufurile calcaroase și travertinele).

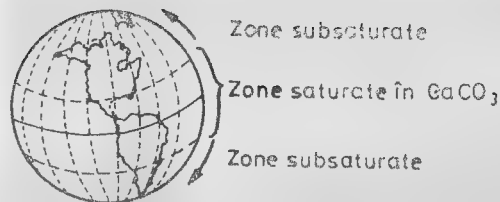


Fig. 13. Distribuția zonelor cu concentrații în CaCO_3 , în cadrul Oceanului Planetar.

Calcarele organogene pot fi împărțite în: *calcare cu organisme întregi*, în care se includ calcarele recifale, rodolitele, bancurile calcaroase și *calcare cu resturi de organisme* ce cuprind lumășelele, calcarele granulare (calcarenite) și calcare microconglomeratice (calcirudite).

Reprezentanții tipici ai calcarelor organogene sînt *calcarele recifale*, constituite în mare parte din organisme care formează recife, precum și din alte tipuri care trăiesc în asociație cu ele.

Recifele sînt structuri caracterizate printr-un potențial biologic susceptibil de a forma edificii calcaroase, cu grosimi variabile de la 1 000 m pînă la 3 000—4 000 m. Dacă în general, în prezent recifele sînt constituite din: alge calcaroase (25—50%), corali (10—35%), scoici de moluște (10—20%), foraminifere (3—15%) etc., în timpurile geologice compoziția lor a suferit importante schimbări de ordin cantitativ. De exemplu, recifele precambriene erau alcătuite exclusiv din alge calcaroase (Stromatolite), cele din paleozoicul inferior din alge calcaroase verzi și albastre, arheociatide, tetracoral, briozoare, brahiopode și alte organisme.

Procesul de creștere al recifului controlează acumularea sedimentelor în și în jurul recifului. Aceste

te sedimente derivă din distrugerea organogenă și mecanică a coraliilor înșiși și a organismelor coraliofile, asociate recifelor constructori. Sînt cazuri cînd rata sedimentării din recif și din jurul recifului depășește de cîteva ori rata creșterii.

Biotopul recifelor coraligene este format dintr-un facies de corali și alge calcaroase, care sînt dominante atît ca număr cît și ca volum. În cadrul unui biotop recifal se disting asociații caracteristice floristice și faunistice, ce determină „nișele ecologice”. Asociațiile ecologice sînt reprezentate prin organisme sedentare, de epifaună și epifloră (organisme ce trăiesc fixate pe alte organisme), organisme comensale, simbioante și parazite. La acestea se adaugă fauna mobilă și organismele nectonice.

Activitatea algelor (verzi și roșii) în cadrul unui recif este cunoscută de mult și are o importanță majoră în menținerea echilibrului metabolic din recif. În cadrul recifului s-a constatat prezența unei competiții între anumite specii de corali, care tind să devină dominanți și alte specii care devin dominate.

Tipurile de corali cu creștere foliacee, rămuroase sau sub formă de cruste tind să înlocuiască corali de formă masivă sau nodulară. O anumită specie din recif ce formează o nișă ecologică se poate extinde și asupra alteia, uneori acoperind-o, pentru a o domina în final.

Din punct de vedere biologic și fizic, recifele sînt structuri complexe ce se datoresc unei balanțe aproape echilibrate de forțe constructive și distructive. Forțele constructive sînt organismele care produc scheletele calcaroase, întîlnite în calcare (corali, alge calcaroase, foraminifere, moluște). Aceste schelete sînt consolidate prin cimentarea cu CaCO_3 precipitat din apa mării sau prin umplerea cavității-

lor dintre corali și alge cu blocuri și fragmente, din însăși structura recifului.

Forțele distructive au tendința de a rupe structura recifului (corali, alge, moluște) ca urmare a valurilor și a activității unor alge, spongieri, moluște, viermi. Tot acest material distrus din structura recifului este transportat și redistribuit, prin curenții marini, în crevase, în golurile dintre corali, pe taluzul recifal dinspre mare, sau pe taluzul lagunei sub forma unui sediment cu granule nisipoase și mloase.

Formarea excesivă a depozitelor granular-nisipoase poate duce la distrugerea unor părți din recif.

Fiind vorba de formațiuni nestratificate, construite de organisme recifale, fixate, în superpoziție, în funcție de morfologia acumulărilor se folosesc termenii de *bioherm* și de *biostrom*.

În primul caz edificarea masei recifale are loc pe verticală, masa biohermală avînd aspectul unor „blocuri” masive de calcare, de regulă nestratificate încorporate în calcare mai mult sau mai puțin egal stratificate (fig. 14). În al doilea caz edificarea acestor construcții recifale are o extindere orizontală de formă lenticulară (fig. 15).

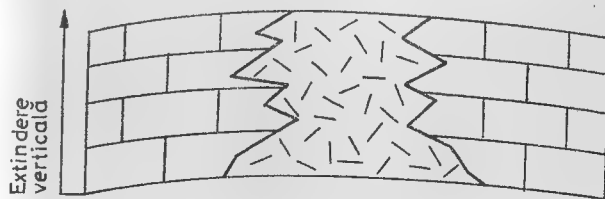


Fig. 14. Secțiune printr-un bioherm.

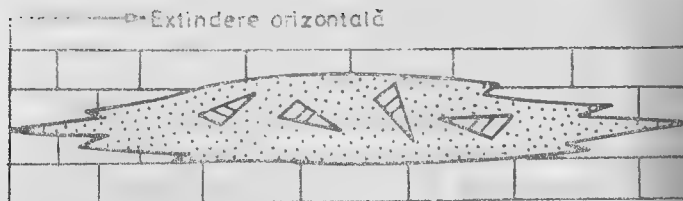


Fig. 15. Secțiune printr-un biostrom.

Recifele actuale din regiunile intertropicale sînt în majoritatea cazurilor bioherme.

Biohermele fosile apar mai puțin dezvoltate ca întindere, fiind în mare parte erodate ca urmare a procesului de demantelare sau distrugere. În schimb biostromele, formațiuni cu extindere orizontală, pot atinge grosimi importante datorită fazelor de acumulare intensă.

În timpurile paleozoice și mezozoice, tetracoralierii (coralii rușoși) și hexacoralierii (coralii hermatipici) au construit formațiuni cu grosimi de mii de metri.

Există bioherme și biostrome care nu sînt edificate de corali, ci de alte organisme, cum ar fi: alge calcaroase, spongieri, brizoare și moluște. Unele sînt foarte variate din punctul de vedere al asociațiilor de organisme (conțin mai multe specii), în timp ce altele prezintă o slabă diversitate sau sînt construite de o singură specie.

Fenomenul recifal, biostromal, datorat acumulării rudiștilor (lamelibranhiate fixate, cu cochilii groase și valve inegale), din cretacic poate să fie comparat ca amploare și rată de sedimentare cu activitatea hexacoralierilor din mezozoic (triasic mediu și superior și jurasic mediu și superior), sau a altor or-

ganisme constructoare, cum sînt hidrozoarele și algele calcaroase. În anumite epoci ale cretacicului nu se constată legături reale, comunitare, între rudiști și hexacoralieri, ci mai degrabă se poate vorbi de o concurență între aceste organisme constructoare, sau mai bine zis de o alternanță între aceste grupe de organisme, rolul esențial avîndu-l factorii edafici, și mai ales calitatea substratului.

Geologic vorbind, primele formațiuni ce apar în cambrian sînt niște formațiuni biostromale constituite predominant din structuri stromatolitice elaborate de alge albastre și din Archaeociatide, grupe de trecere între spongieri și corali. Abia în silurianul superior apar construcții recifale adevărate, datorate tetracoralierilor și tabulaților, alături de care se găsesc și alge albastre, alge roșii și hidrozoare.

În R. S. România asemenea formațiuni biostromale se cunosc în devonianul din nordul Dobrogei, din Dealul Bujoarele în apropierea comunei Turcoaia, jud. Tulcea. Aici formațiunile biostromale sînt construite în mod predominant de brizoare (Fenestelidae), alături de care apar frecvent și acumulări lumașelice de brahiopode (*Spirifer*, *Chonetes*, *Orthis*), moluște (*Tentaculites*). Asociat structurilor biohermale din acest areal apar și structuri laminitice, probabil stromatolite.

În mezozoic, și anume începînd cu triasicul mediu, apar hexacoralii care par a fi de tip hermatipic, adică conțin în țesutul lor alge simbiote de tipul zooxantelelor. Grupe importante de corali hermatipici, întîlnite în triasicul mediu și superior sînt: Astrocoenitidae, Thamnastreidae și Stylinidae. Multe dintre aceste familii au descendenți care trăiesc și astăzi în oceanele Pacific și Indian.

În triasicul mediu (Ladinian) din Pădurea Craiului (Munții Apuseni) se cunosc formațiuni recifale biohermale formate din spongieri calcaroși de tip Sphinctozoa, corali și organisme microproblematică de tip *Ladinella*. În calcarele de tip *Wetterstein*, de regulă deschise la culoare, au fost semnalate nivele stromatolitice elaborate de algele albastre, precum și creste alge construite de alge roșii de tipul Solenoporaceelor. Grosimea acestor calcare este redusă, de numai 50 pînă la 150 m. Calcarele prezintă o diversitate specifică avansată la nivelul ladinianului și mai puțin la nivelul carnianului. O altă regiune interesantă din acest punct de vedere este zona Platoului Vascău (Munții Codru Moma). În această regiune, depozitele din triasicul mediu (anisian) au o grosime de cîteva sute de metri. Calcarele din această zonă s-au depus într-o mare lagună recifală, unde se dezvoltau preponderent alge verzi din fam. Dasycladaceae, în special genurile *Oligoporella*, *Physoporella*, *Macroporella* și acumulări de tip *patch-reefs* constituite din algele albastre de tip *Tubiphytes* (fig. 16).

Pe lângă cele trei forme morfologice fundamentale de recife pe care le-am descris în primul capitol, mai există așa-numitele recife de *platformă* sau *patch-reefs*. Aceste recife au forme elipsoidale fiind prevăzute cu versante în trepte, tipice pentru zone puțin adinci de platformă și cu sedimentare preponderent carbonată. În asemenea areale presărate cu recife alge sau coraligene s-au acumulat intens algele verzi dasycladacee formînd intercalații numeroase cu grosimi variabile între 10 pînă la 40 cm. De asemenea și calcarele recifale din triasicul superior din regiunea sus-amintită ating grosimi de 300—400 m. Sînt reprezentate mai ales prin calcare cenușii și albe bogate în organisme, în special hexa-

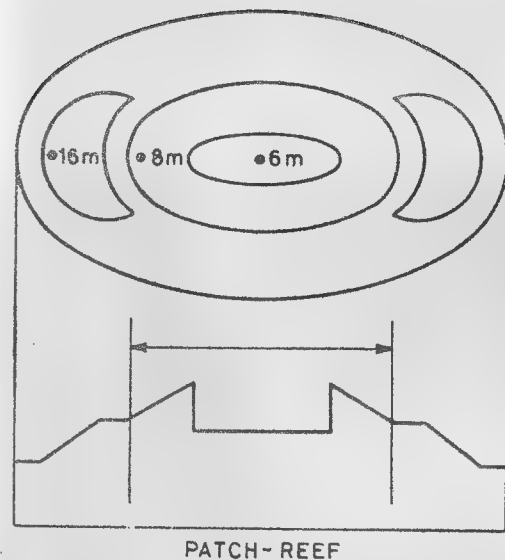


Fig. 16. Recif platformă (tip *patch-reef*), văzut de sus și din profil.

coralieri, spongieri calcaroși, lamelibranhiate și organisme microproblematică de tip *Ladinella*. Hexacoralierii formează în special structuri de tip *patch-reefs* acoperite uneori de creste calcaroase microstratificate determinate de algele roșii solenoporacee.

În jurasicul mediu (bajocian — bathonian) recifele erau construite de hexacorali globuloși, masivi și mai rar rămuroși. Un exemplu elocvent pentru jurasicul superior este platforma carbonată din Munții Hășmaș (Carpații Orientali) presărată cu recife de tip barieră și *patch-reefs*. La

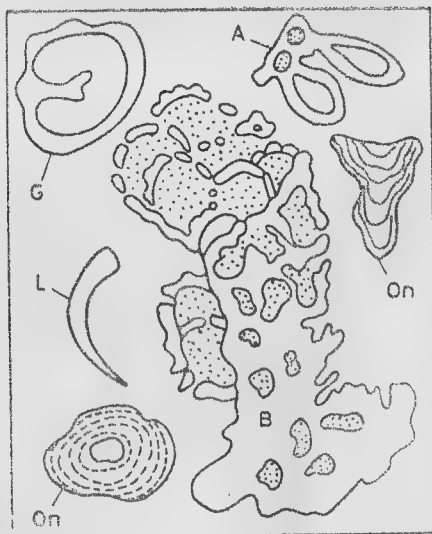


Fig. 17. Secțiune printr-un calcar recifal cu *Barroisia*, întâlnit în jurasicul superior din Cheile Bicazului (Carpații Orientali) (B. *Barroisia* — spongier; A. *Actinoporella* — dasicladacee; G. — gasteropode; L. — lamelibranchiate; On. — oncolite).

aceste structuri biohermale, mai ales în zonele perirecifale se constată prezența acumulărilor biostromale formate din moluște. În general, recifele sînt construite din hexacoraliери, cît și din spongieri calcaroși de tip *Barroisia* (fig. 17). De asemenea, predominante sînt și structurile de patch-reefs formate în special din hidrozoare (*Actinostromaria*, *Parastromatopora*, *Cladocoropsis*). La anumite nivele, biostromele au formă lenticulară atîngînd pînă la 50—100 m lungime pe grosimi metrice. Acestea sînt formate din gasteropode conice de tip *Nerinea*, *Itie-*

ria, *Tylostoma* sau din lamelibranchiate. Structurile construite numai din lamelibranchiate sînt puțin dezvoltate.

Algele verzi dasicladacee întîlnite în jurasicul superior din Hășmaș se dezvoltau în lagune mici sau „bălți”, plasate între construcțiile recifale de tip patch-reefs la adîncimi de 10—15 m (fig. 18). Dasicladaceele din această regiune au talul cilindric sau tubular, cu lungimi de pînă la 1 cm și diametrul de 0,2—4 mm. Merită să fie amintite în acest sens genurile: *Macroporella*, cu talul mare de pînă la 1 cm lungime, *Salpingoporella*, *Cylindroporella*, *Cymopolia*, *Likanella* și *Actinoporella* (fig. 19), cu taluri variate morfologic și dimensiuni ceva mai mici. Alte tipuri de alge verzi, codiaceele cu genurile *Halimeda*, *Boueina*, se dezvoltau în lagune sau pe versantele recifelor la adîncimi ceva mai mari ajungînd pînă la 50 m.

În cretac, construcțiile recifale sînt prezente atît în cretacul inferior, cît și în cretacul superior. Dintre coralii hermatipici ce apar acum menționăm fam.: Acroporidae, Agariciidae, Fungiidae, Poritidae și Meandridae.

Trecînd în revistă structurile coraligene construite, se poate conchide că două grupe de organisme au un rol important în edificarea recifelor: coralii hermatipici (scleractinizii) și algele calcaroase.

O serie de alte grupe de organisme (moluște, crustacee, echinoderme), libere sau fixate, prin cochiile lor, pot participa sau nu la edificarea complexului recifal și au o importanță relativă. La grupele menționate deja se pot adăuga alcionarii (celenterate exclusiv marine, coloniale), foraminiferele cu structură camerală internă, spongierii, algele roșii și verzi.

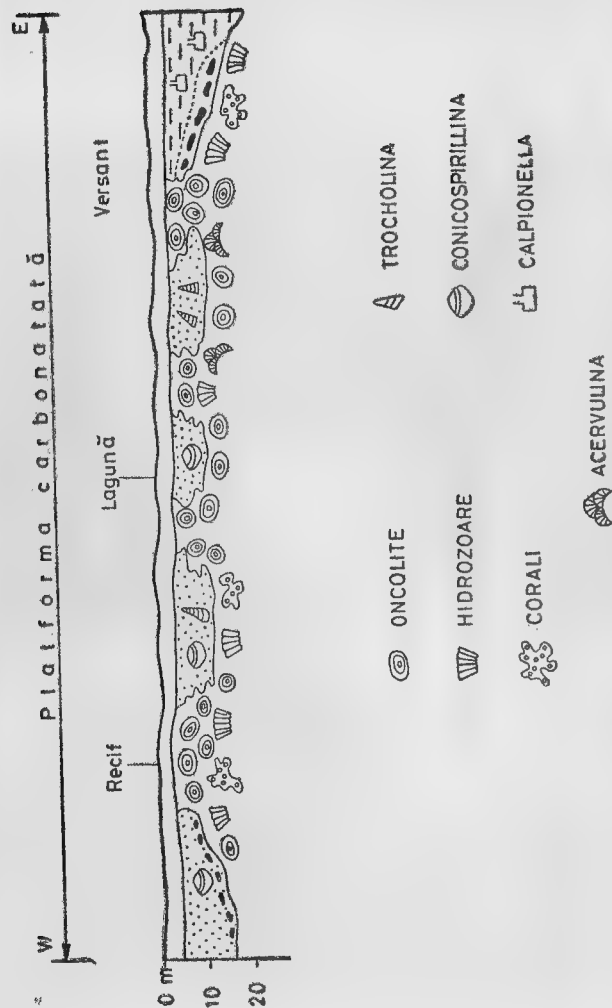


Fig. 18 Reconstituirea schematică a platformei carbonatate iurase din regiunea Cheile Bicazului

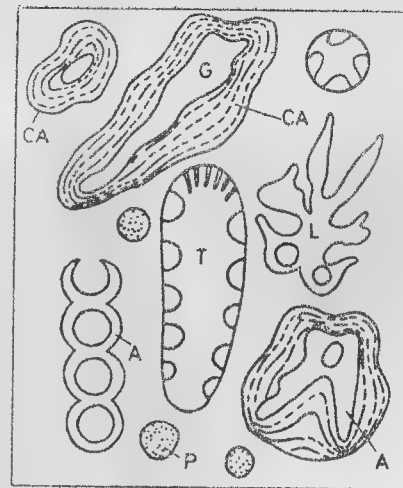


Fig. 19. Secțiune printr-un calcar cu alge verzi dasicladacee de vîrstă iurasic superior întîlnit în regiunea Cheile Bicazului (T. — *Trocholina*; L. — *Likanela*; A. — *Actinoporella*; CA. — cruste algale; P. — pelete; G. — *Gastropode*).

S-a constatat că diferitele grupe de alge calcaroase, asociate de regulă complexelor recifale, ocupă anumite zone sau areale în cadrul bazinului de sedimentare. Astfel, în apropierea țărmului, în lacurile sau bălțile izolate de mare se depun calcare fine micritice sau Characeae. Tot în apropierea țărmului, în zona supramareică, spălată intermitent de apele mării, apar structurile biosedimentare cu oncolite și stromatolite (alge albastre). Dasicladaceele și codiaceele (alge verzi) se dezvoltă în lagune, bazine cu ape permanent proaspete. În regiunea recifului propriu-zis, algele roșii formează creste algale. În zona deschisă dinspre mare sau în domeniul bazinal se

depun calcare micritice fine care conțin preponderent organisme planctonice de tip cocolitoforidee (fig. 20).

Structuri biosedimentare stromatolitice se întâlnesc în triasicul mediu din Munții Perșani, Munții Pădurea Craiului, precum și în triasicul mediu și superior din Platoul Vașcău. Stromatolitele din aceste regiuni sînt plane sau ușor ondulate, fapt ce indică slabul hidrodinamism al apelor la flux și reflux. Ating grosimi centimetrice formînd bancuri reper uneori de grosimi metrice. Aceste structuri sînt formate din lamine calcilutitice*, milimetrice. Laminele care includ și material grosier, rupt sau sedimentat de curenți, pot fi uneori întrerupte fiind ulterior acoperite de filmul algal cianofitic ce continuă creșterea. Între laminele rupte se întâlnesc

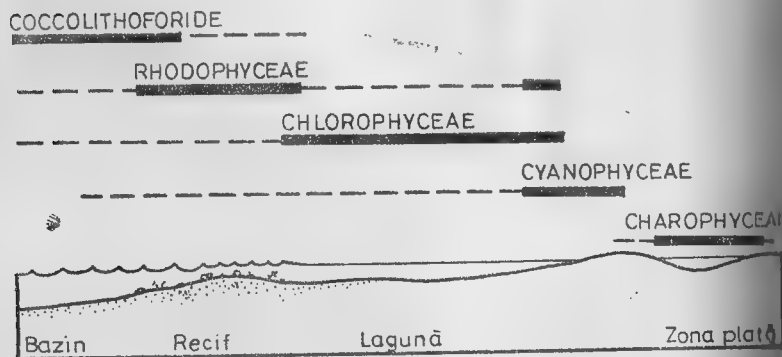


Fig. 20. Distribuția diferitelor grupe de alge în cadrul unui bazin de sedimentare.

* Lamine calcilutitice = structuri microstratificate, formate din material fin micritic sau din mluri pelitice.

resturi de moluște, echinoderme, lamelibranhiate, briozoare și brahiopode.

În jurasicul superior din Munții Hășmaș și din Dobrogea centrală se întâlnesc de asemenea structuri stromatolitice, plane sau ușor ondulate. Au lamine variabile ca grosime și conțin material detritic, cuarț, fragmente de echinoderme și brahiopode cu pelicule de oxizi de fier, fapt ce denotă biotopul restrictiv, de mică adîncime. Din această cauză, uneori stromatolitele prezintă structuri poligonale sau subpoligonale sub formă de crăpături umplute cu material fin lutitic. Aceste structuri indică condiții de uscăciune și faze de expunere subaeriană a sedimentelor.

Rodolitele sînt structuri algeale de formă nodulară, formate din alge roșii coralnacee. Asemenea structuri au fost întâlnite în formațiunile calcaroase din apropierea orașului Hunedoara. Depozitele calcaroase sînt de vîrstă miocenă și conțin noduli algalii, sferoidali, elipsoidali sau rodolite cu structuri multistratificate, concentrice și laminare. Structurile cu cruste concentrice se află în partea centrală a rodolitului devenind spre exterior rămuroase sau columnare. Aceste structuri nodulare — concentrice erau formate din cruste alternative de *Lithophyllum ramoisissimum* și *Lithoporella melobesioides*. În schimb, structurile columnare erau elaborate de alga *Mesophyllum melobesioides*. Rodolitele din această regiune au diametre între 2 și 6 cm (fig. 21). Tipurile laminare, de regulă nodulare, sînt structuri mobile, mișcate de valuri și răsturnate continuu pe fundurile nisipoase, în timp ce structurile columnare sînt temporar imobile și au forme neregulate. Rodolitele pot determina recife mici de dimensiuni metrice. Ele indică adîncimi mici între 0 și 3 m



Fig. 21. Secțiune printr-un nodul algal format din alge roșii Corallinaceae (rodolite).

ajungînd uneori pînă la 50 m. Aceste structuri se asociază cu lamelibranhiate ce aveau cochilia groasă (Ostreidae), foraminifere bentonice, calcaroase de tip *Heterostegina*, briozoare și detritus de organisme asemănătoare nisipurilor de plajă.

Bancurile calcaroase sînt reprezentate prin calcare cu resturi de organisme care nu au un potențial biologic susceptibil de a forma recife. Asemenea depozite se plasează în jurul recifelor, fiind considerate din acest punct de vedere ca depozite pararecificale. Au o granoclasare variată, în sensul că resturile de organisme pot fi uneori rupte, triturate sau fragmentate.

Depozite sub formă de bancuri calcaroase se cunosc în cretacicul inferior din sudul Dobrogei. Au grosimi variabile, de la 1 la 2 m și conțin resturi de spongieri, briozoare, lamelibranhiate și gasteropode. Cîteodată unele bancuri sînt formate din resturi scheletice de crinoidee (plăci din caliciu, articole din peduncul), care atunci cînd se întîlnesc în mod predominant alcătuiesc *calcare cu entroce* (răspîndite în devonianul mediu și carboniferul inferior din Europa și America de Nord). În România se cunosc în triasic cît și în jurasicul mediu. Nu totdeauna bancurile calcaroase ating grosimi mari. Acumulările de grosimi mai importante sînt funcție directă a denivelărilor fundului și mai ales a forței de transport a curenților. Curenții cu sarcină ridicată de transport aduc fragmentele de organisme de la distanțe destul de mari, fiind depuse acolo unde relieful fundului prezintă depresiuni mai mult sau mai puțin adînci.

Asemenea depozite cu grosimi în jur de 10 m se cunosc în regiunea Cheile Bicazului. Calcarele din această regiune, datînd din jurasicul superior, sînt constituite din hidrozoare, spongieri calcaroși, alge și foraminifere bentonice. Unele bancuri calcaroase sînt formate mai ales din noduli algali oncolitici produși de algele albastre. Majoritatea regiunilor calcaroase din mezozoic (Rarău, Tulgheș, Hășmaș, Bucegi, Vinturarița (jud. Vîlcea), Vîlcan, Trascău, Pădurea Craiului, Vașcău), precum și cele din terțiar (depresiunea Transilvaniei) includ în secvențele calcaroase și intercalații de bancuri calcaroase.

Calitativ, bancurile calcaroase sînt destul de pure. Procentele în CaCO_3 variază între 85 și 90%. Sînt cazuri cînd aceste bancuri conțin și fracțiuni minerale destul de importante, în special cuarț detritic, care scade calitatea utilizării industriale a acestora.

Lumașelele sînt depozite constituite din resturi de organisme aglomerate, dar sudate și fixate între ele prin ciment calcaros. Lumașelul poate fi monospecific, cînd este format dintr-o singură specie, sau polispecific, cînd la formarea lui concură mai multe specii din același grup de organisme sau din grupe diferite. De regulă, aceste formațiuni nu ating dimensiuni mari, sînt dispuse în bancuri metrice, care pot fi și nivele reper în cadrul unor secvențe calcaroase.

Calcarele lumașelice se întîlnesc în aproape toate perioadele geologice. În Munții Bucegi și Hășmaș, în secvențe greso-calcaroase din jurasicul mediu și jurasicul superior, se întîlnesc lumașele în bancuri metrice constituite numai din brahiopode (*Rhynchonellidae* și *Terebratulidae*). Lumașelele au culori diferite: cele din Munții Bucegi sînt de culoare cenușie închisă pînă la negru, pe cînd cele din Munții Hășmaș sînt roșii. Alături de brahiopode, rareori se mai întîlnesc lamelibranhiate și corali.

Depozite lumașelice se cunosc în triasicul inferior din Munții Perșani (depozite cu *Myophoria*), în triasicul superior din Platoul Vașcău (depozite cu *Megalodonte*), în jurasicul superior din Carpați (lumașele cu lamelibranhiate, gasteropode și chiar amoniți), iar în cretacul inferior, lumașele formate din lamelibranhiate (*pachiodonte*) mari, cu cochilie groasă de tip *Toucasia* și *Requienia*. În cretacul superior, lumașelele conțin lamelibranhiate mari, cu cochilie conică, lungi de pînă la 10—20 cm, de tip *Hippurites* și *Radiolarites*, cum sînt cele din bazinul Roșia (Munții Apuseni).

Formațiunile terțiare, în special cele din eocen și oligocen, conțin și nivele lumașelice formate din lamelibranhiate, gasteropode și rareori echinide.

Prin forma curioasă a organismelor fosile, dar mai ales prin culoarea lor de la roșu-cărămiziu pînă

la negru închis, calcarele lumașelice sînt utilizate ca roci ornamentale, pentru placarea diferitelor construcții monumentale.

2) Calcarele organogene — sursă de materii prime

Nu putem încheia acest capitol fără să arătăm pe scurt importanța calcarelor organogene pentru anumite sectoare industriale.

Datorită conținutului ridicat în CaCO_3 , variabil între 80 și 96%, calcarele organogene se folosesc în industria metalurgică, chimică, a cimentului, a sticlei și în variate lucrări de construcții.

În metalurgie calcarele sînt utilizate ca fondant în vederea trecerii minereului în metal, prin purificarea acestuia de zgură. Calcarele organogene furnizează materia primă și pentru fabricarea varului. În industria chimică, prin arderea calcarelor organogene, se obține carbura de calciu și soda caustică.

Industria sticlei beneficiază, de asemenea, de calcare. Calcarul introdus în șarjă determină rezistența sticlei la agenții chimici.

De asemenea, calcarul este un mediu bun de rafinare, din care cauză se utilizează, de exemplu, la obținerea sucurilor de sfeclă.

Calcarul organogen ocupă un rol primordial în industria construcțiilor, mai ales ca sursă de obținere a cimentului.

Unele calcare, zise marmoreene, care au culori și nuanțe diferite, prin prelucrare și lustruire, sînt utilizate pe larg la placarea în interior sau la exterior, a unor clădiri monumentale, prin dale, plinte

* Pelete — granule formate din CaCO_3 microcristalin (micrit) de formă sferică sau elipsoidală.

și glafuri. Dintre calcarele utilizate la asemenea lucrări amintim pe cele din zăcămintul de la Moneasa (județul Arad), exploatat de multă vreme, constituit din calcare negre triasice exploatate în prezent în cariera din Dealul Pietros. Mai amintim calcarele brecioase, de culoare roșie, cu belemniti, de vîrstă liasică, exploatate în cariera de la Moneasa-Băi. Aceste calcare, roșii sau negre, au fost utilizate la placarea interioară a holurilor din sala Palatului R. S. România, cît și la alte clădiri monumentale (Teatrul Național).

Calcarele organogene din zăcămintul de la Albești, din apropierea orașului Cîmpulung Muscel (județul Argeș), sînt formate în majoritate din numuliți (foraminifere). Calcarele sînt de vîrstă eocenă și au grosimi destul de mari, fiind dispuse în bancuri masive, metrice. Datorită compoziției organogene (micro- și macroforaminifere), se pot prelucra foarte ușor, fiind utilizate pentru lucrări monumentale de prestigiu. Pe lîngă foraminifere, în dalele șlefuite se pot observa resturi de cochilii de lameli-branhiate, brahiopode și echinide de talie mare. Aceste calcare au fost folosite la ridicarea unor monumente de valoare istorică și arhitectonică. Dintre lucrările de prestigiu menționăm: Mănăstirea Curtea de Argeș, Arcul de Triumf, Ateneul Român, Universitatea București și scuarul din fața Teatrului Național din București.

Zăcămintele de calcare organogene exploatate pentru industria cimentului, a varului și pentru industria chimică se cunosc în multe regiuni din România. Cele mai importante zone cu cariere de calcare în exploatare sînt: zona Bratca (jud. Bihor), Vadul Crișului (jud. Bihor) și Dealul Melcilor la intrarea în orașul Brașov, pe stînga cînd vii dinspre București (calcare de vîrstă triasică), zona Mateiaș (jud.

Argeș), zona Bicăjel — Ghilcoș (jud. Neamț și Harghita), zona Cheile Bicazului — Șugău (jud. Neamț), zona Turda (jud. Cluj) — toate cu zăcămintele de calcare de vîrstă jurasică — și zona Cernavodă — Medgidia (jud. Constanța), cu calcare de vîrstă cretacică. Aceste zăcămintele de calcare aflate în exploatare conțin între 86 și 97% CaCO_3 .

Rocile silicioase — la fel ca și cele calcaroase, prezentate în capitolul anterior — pot să aibă o origine biogenă sau abiogenă, și au o răspândire importantă la suprafața scoarței terestre. Problema concentrării siliciului și a precipitării lui nu este îndeajuns de clarificată, dar toți cercetătorii sînt de acord că acest fenomen se produce și pe cale biogenă. Dealtfel, descifrarea ciclului geologic al siliciului, cu toate implicațiile sale adiacente, preocupă de mult timp pe numeroși specialiști, adunîndu-se numeroase ipoteze. După cum se sublinia într-o monografie recentă, se pare că numărul de ipoteze este invers proporțional cu claritatea problemei!

Sursa principală de acid silicic, necesar formării rocilor silicioase, o constituie procesele de alterare chimică. Dar, uneori, acidul silicic ajunge în bazinele acvatice (marine sau lacustre) și prin intermediul erupțiilor vulcanice, ori prin dezagregarea subacvatică a diferitelor produse ale activității vulcanice (cenușă, sticlă vulcanică, lave). Acest de pe urmă aspect este atestat de legătura reciprocă dintre unele complexe silicioase și vulcanogene.

Depunerea acidului silicic, care de obicei a fost adus în bazinele sedimentare sub formă de soluții

coloidale, poate avea loc pe două căi: chimică (ca rezultat al coagulării acestor soluții) și biogenă (prin intermediul organismelor vegetale și animale ce le folosesc pentru formarea cochiliilor, spiculiilor etc.). Acest din urmă aspect ne interesează și-l vom aborda mai pe larg în paginile următoare. La scara istoriei Pămîntului, raportul dintre cele două procese s-a schimbat considerabil. Astfel, în precambrian a predominat într-o proporție aproape absolută formarea de roci silicioase pe cale chimică, pentru ca mai târziu precipitarea biogenă a rocilor silicioase să devină din ce în ce mai importantă. În ultima eră, în neozoic, rocile silicioase de natură organogenă au ajuns să predomine în ansamblul rocilor silicioase formate. De foarte multe ori însă rocile silicioase sînt rezultatul îmbinării complexe a proceselor anorganice și organice de precipitare, complementate de fenomene dia- și epigenetice*.

Compoziția mineralogică, chimică și principalele tipuri de roci silicioase. În general, rocile silicioase sînt constituite din acid silicic reprezentat prin opal și calcedonie (cîteodată și din rare granule detritice de cuarț).

Opalul ($\text{SiO}_2 \cdot n\text{H}_2\text{O}$), este o varietate de cuarț (SiO_2) amorf, cu un conținut foarte variabil de apă (1—5% sau chiar 20%) deci este un hidrogel de siliciu. Opalul, ca și calcedonia, se poate forma ca

* *Diagenеза* (gr. *dia* = prin, *genesis* = naștere, apariție) se referă la totalitatea transformărilor fizice, chimice, mineralogice, de structură și textură, pe care le suferă sedimentele depuse la temperatura și presiunea de la suprafața Pămîntului, după ce au pierdut legătura cu mediul în care s-au format și pînă la forma lor actuală, definitivă, ca rocă. *Epigenеза* (gr. *epi* = deasupra) este procesul de depunere a unor minerale după formarea rocilor în care sînt cuprinse.

rezultat al proceselor chimice sau pe cale biogenă. În natură se găsește sub forme diferite (mase compacte, omogene sau concreționare etc.). Este componentul principal al scheletelor unor organisme (alcătuiește frustula diatomeelor, spiculi spongierilor silicioși, scheletele radiolarilor etc.).

Cel mai adesea, datorită impurităților, opalul apare colorat în diferite nuanțe: alb, galben, negru etc. Luciul este sticlos sau mat. Are duritatea de 5—5,5 și greutatea specifică de 1,9—2,5.

Opalul poate înlocui substanța organică din trunchiurile și ramurile arborilor fosili, păstrând perfect toate amănuntele structurale. Aceste *lemnne opalizate* sînt de obicei de culoare galbenă, alb-lăptoasă, brună sau neagră, într-o varietate infinită de culori. La noi în țară, îndeosebi în terenuri terțiare, s-au conservat foarte frumoase lemnne opalizate de diferite culori: alb-lăptoase, cu nuanțe galbene, în mai multe localități din împrejurimile orașului Brad (de exemplu, la Prăvăleni (jud. Hunedoara), negre (Almașul Mare — Zlatna, jud. Alba), galbene-aurii, uneori cu nuanțe roșii (Toplița, jud. Harghita) ș.a.m.d.

Calcedonia este o formă intermediară, criptocristalină (gr. *kryptos* = ascuns), între opal și cuarț. Spre deosebire de cuarț, posedă o cantitate oarecare de apă, dar totdeauna mai puțin decît în opal. La microscop se poate observa o structură fibroasă, datorată unor „fibre minerale“ foarte fine, de aceeași natură cu cuarțul. Deși în raze X calcedonia are aceeași diagramă ca și cuarțul totuși proprietățile sale fizice și chimice sînt diferențiate, densitatea și indicii de refracție sînt mai mici ca cei de la cuarț, iar analiza chimică arată prezența unei cantități de 1—2% apă; de aceea specialiștii apreciază

că ea ar reprezenta un „cuarț microporos“, ai căror pori sînt umpluți cu apă.

În natură, prin pierderea apei, se constată o trecere gradată de la opal la calcedonie și de la aceasta la cuarț. Adeseori, într-o singură rocă se pot întîlni cele trei minerale (opal-calcedonie-cuarț), avînd aceeași origine sau origini diferite.

Calcedonia are aceeași duritate (7) și greutate specifică (2,5—2,8) ca și cuarțul. Poate să prezinte cele mai diverse culori și adeseori apare sub forma unor cercuri concentrice, datorate depunerilor ritmice din soluțiile de origine a unei silice în care adaosurile străine s-au fixat diferențiat. Calcedoniile cenușii, negre sau albăstrui sînt numite *safirîn*, cele de culoare verde poartă numele de *crisopraz*, iar cînd pe acest verde există pete roșii de oxizi de fier, piatra se cheamă *heliotrop*. Calcedoniile capătă numele de *agat* cînd au o structură fin zonată cu tente de culori vii, nuanțate și contrastante; cînd aceste benzi sînt dominate de alb, piatra semiprețioasă este numită *onix*. La noi în țară se găsesc agate și onixuri pe Valea Techereiului (Munții Metaliferi) și la Trestia (jud. Maramureș).

La formarea rocilor silicioase organogene participă, după cum am amintit, diatomeele, silicoflagelatele, radiolarii, spongierii silicioși și alte microorganisme. În anumite tipuri de roci (diatomite, radiolarite, spongolite) resturile organice predomină, pe cînd în altele, urmele organismelor străvechi abia se mai pot sesiza (jaspuri, silexuri, diferite șisturi silicioase). În unele șisturi silicioase se observă adeseori adaosuri importante de substanță organică ce imprimă rocii o culoare neagră. De cele mai multe ori, rocile silicioase mai conțin fracțiuni de argile, nisipuri, diferiți oxizi metalici, carbonați, sulfuri etc.

Datele din literatură arată o participare, variabilă a componentelor chimici, în cazul diferitelor tipuri de roci silicioase organogene. Astfel, *diatomitele* conțin: 55—95% SiO_2 ; 0,02—0,5% TiO_2 ; 0,1—10% Al_2O_3 ; 0,2—5,2% Fe_2O_3 ; 0,4—6,0% CaO ; 0,1—1,7% MgO ; *jaspurile* conțin: 67—87% SiO_2 ; 5,5—7,2% Al_2O_3 ; 2,2—3% Fe_2O_3 ; 0,5—2,3% CaO ; 0,5% MgO ș.a.m.d.

Din cadrul rocilor silicioase organogene amintim ca fiind mai răspândite: diatomitele, radiolaritele, spongolitele și accidentele silicioase.

Diatomitele sînt roci sedimentare organogene silicioase, alcătuite în cea mai mare parte (70—80% din volumul rocii) din frustule de diatomee, prinse într-o masă de opal și, subordonat, din granule minerale de origine terigenă (argile, calcare, oxizi de fier și de aluminiu etc.).

Macroscopic, diatomitul se prezintă ca o rocă foarte ușoară, cu o porozitate mare (de peste 90%), de culoare albă sau galbenă, moale (scrie pe tablă) și aderentă.

Diatomitul se întrebuințează ca material izolant, ca abraziv, ca filtrant în industria alimentară, în industria petrolului (la deparafinarea, albirea și regenerarea uleiurilor minerale), în industria textilă, cosmetică ș.a.m.d.

Cele mai importante zăcămintele de diatomit de la noi din țară se găsesc la: Minișul de Sus (jud. Arad), Pătirlagele (jud. Buzău), Adamclisi, Hațeg, Dumbrăveni (jud. Constanța), Odoreu (jud. Satu Mare) — toate în formațiuni neogene.

Radiolaritele sînt roci silicioase organogene alcătuite din testuri de radiolari, prinși într-un ciment de calcedonie. Radiolarilor (care reprezintă 50% din masa rocii) li se pot adăuga spiculi de spongieri, substanță argilooasă, oxizi de fier etc.

În general, sînt roci tari, casante, care se sparg ușchios sau în blocuri prismatice. Au culoare roșie, verde sau neagră-brună.

Radiolaritele pot să fie folosite ca material abraziv.

În țara noastră sînt cunoscute în sedimente jurasice și cretacice din Carpații Orientali și Munții Apuseni.

Epigeneza radiolaritelor duce la formarea *jaspurilor*. Datorită conținutului în oxizi de fier, aceste roci sînt de culoare roșie sau verde. În unele jaspuri se mai pot sesiza urme ale radiolarilor de origine, alteleori aceste urme dispar complet.

Cîteodată jaspurile se folosesc ca imitații de pietre prețioase.

Dintre numeroasele apariții de jaspuri din regiunile carpatice, amintim pe cea din Masivul Drocea-Ilighiș (Munții Apuseni, jud. Hunedoara și Alba).

Spongolitele sînt roci silicioase care se întîlnesc mai rar în natură. S-au format prin acumularea (în proporție de peste 50%) a spiculilor de spongieri silicioși care sînt prinși într-un ciment de SiO_2 (opal, calcedonie); se mai adaugă material detritic argilos, carbonați etc.

Sînt roci omogene, fin granulare, de culoare neagră sau verde-cenușie, de regulă cu duritate mare.

Accidentele silicioase se prezintă ca elemente leniliforme, de dimensiuni centimetrice în masa a diverse roci. Ele apar în roci silicioase, calcaroase, marne, marno-calcare și gipsuri. *Silexurile* sînt accidente silicioase în crete, ce apar ca noduli, vinișoare sau pături de diferite dimensiuni. Ele conțin în jur de 98% SiO_2 și se detașează ușor de masa cretei. La noi în țară, silexurile din creta de Mur-lutar, jud. Constanța, sînt cele mai bine cunoscute. Tot ca accidente silicioase sînt interpretate și me-

nilitele, ce apar ca lentile sau intercalații stratiforme în stiva de depozite argiloase, marnoase din osatura carpatică. Sînt formate în cea mai mare parte din opal, alături de care apare calcedonia și în proporții variabile substanță argilooasă și organică (bitumene), hidroxizi de fier etc.; în medie, SiO_2 este în jur de 70%, iar substanței organice îi revine 17%. Menilitele au culoare brună pînă la neagră (în funcție de conținutul de substanță bituminoasă), fiind foarte compacte și dure. Din punct de vedere genetic sînt interpretate ca provenind din transformarea unor sedimente diatomitice, considerate și ca posibile roci-mume de petrol. Cele mai importante apariții se cunosc în zona exterioară a flișului Carpatic, orizontul menilitelor inferioare (în baza oligocenului) și orizontul menilitelor superioare (la finele oligocenului).

IV. CARBUNII FOSILI

Pe lingă diferitele resturi de viețuitoare de care am amintit în capitolele precedente, în stratele Pămintului s-au păstrat și urme de frunze, fragmente de trunchiuri, semințe sau chiar fructe petrificate și rășină*. În ultimele decenii s-a evidențiat o foar-

* Din anumite rășini ale unor conifere fosile, s-a format piatra semiprețioasă cunoscută sub numele de *chihlimbar* (ambră sau succin). Mai cunoscut este chihlimbarul format în terțiarul vechi, care provine de la păduri de pini, ce vegetau în regiunile de țărm ale Mării Baltice. Chihlimbarul baltic era bine cunoscut și apreciat pe piețele Romei în timpul lui Iuliu Cezar, căci din el meșteșugarii acelor vremuri făureau frumoase obiecte de podoabă. Străvechea industrie a prelucrării acestei pietre organice s-a perpetuat pînă în zilele noastre, valorificînd cu iscusință prețuitul „aur al Balticii”. Modelarea acestui mineral — de culoare galbenă ca mierea, alături galben-brun sau, foarte rar, chiar roșu-brun sau brun-verde — se face cu relativă ușurință, din el realizîndu-se coliere, inele, amulete, statuete etc. Studiile chimico-mineralogice au evidențiat existența a numeroase varietăți de chihlimbar. De exemplu, chihlimbarul românesc (ce se găsește izolat în anumite puncte din jud. Buzău și Prahova) a fost numit *rumânit* de chimistul român dr. C. Istrati, care l-a și studiat. Importanța acestui mineral semiprețios poate fi apreciată și prin producția anuală de circa 400 000 kg pe care o realizează unele țări limitrofe Mării Baltice, cum ar fi R. D. Germană, R. P. Polonă și U.R.S.S.

te bună conservare a sporilor și polenului ce provin de la plantele de altădată*.

Poate că cel mai important lucru este cunoașterea rolului pe care l-au jucat plantele respective în formarea diferitelor zăcămintele de cărbuni. S-a stabilit, astfel, că materialul vegetal provenit din întinsele păduri luxuriante și ajuns în condiții favorabile a dus la formarea numeroaselor zăcămintele de cărbuni de pe întregul cuprins al planetei noastre. Citeva din „secretele” genezei cărbunilor le vom dezvălui în capitolul următor.

Multe din resturile fosile ale plantelor ce-au participat la alcătuirea cărbunilor au importanță în delimitările biostratigrafice ce se fac — deci, în atribuirea unei anumite vârste (relative) depozitelor sedimentare respective. Cunoașterea plantelor fosile dă posibilitatea de a urmări în timp evoluția plantelor, de a reconstitui paleoclima, deci clima care exista într-o perioadă sau alta a timpurilor geologice, în diferite regiuni ale planetei noastre ș.a.m.d.

1) Din „secretele” formării cărbunilor

Faptul că plantele din timpurile geologice au dus la formarea variatelor tipuri de cărbuni este un lucru de mult lămurit; dar condițiile și căile de transformare a materialului vegetal au constituit obiectul multor interpretări, adesea îndelung controversate. Astăzi se știe bine că zăcămintele de cărbuni din marile centre miniere ale lumii nu sînt altceva decît copaci din imensele păduri străvechi care, prin procese complicate, au dus la formarea acestor roci

* Studiul poleno-sporilor intră în obiectul de studiu al palinologiei.

atit de mult prețuite în contextul civilizației contemporane.

Cum au ajuns copacii falnicilor păduri de altădată în această stare? Care sînt „elementele cheie” în formarea diferitelor calități de cărbuni, sau, în sfîrșit, de ce atîtea feluri de cărbuni?

Pentru început să precizăm că în decursul erelor geologice numai anumite perioade au întrunit condiții favorabile formării unor zăcămintele de cărbuni. Și acestea, în primul rînd, au fost determinate de existența unor păduri întinse, care la rîndul lor erau dependente de condiții adecvate de climă. Imensele mlaștini împădurite erau sursa unor mari cantități de masă lemnoasă care, ajunsă în condiții favorabile de depunere, reprezenta garanția realizării unor viitoare acumulări de mare preț.

În formarea cărbunilor se pot deosebi două faze principale: de turbificare și de încărbunare. *Turbificarea* (faza de diagenază sau biochimică) are loc la început, în mediul de depunere al substanței vegetale, unde descompunerile și transformările acesteia se fac sub acțiunea microorganismelor (bacterii anaerobe, ciuperci). În schimb, faza de *încărbunare* (de incarbonizare, geochimică sau de diagenază) se desfășoară în interiorul scoarței sub acțiunea temperaturii, presiunii, metamorfismului etc., care determină pierderea umidității inițiale și o îmbogățesc în carbon. Ambele faze reprezintă două etape, mai mult sau mai puțin distincte, din așa-numitul proces de *carbonificare* (deci, de formare a cărbunilor). În timpul carbonificării proporția diferitelor elemente alcătuitoare (C, O, H, N, S etc.) se schimbă mereu, conținutul în carbon fiind în continuă creștere, în timp ce conținutul în O și H scade.

Unde au loc aceste îndelungate transformări ale materialului vegetal?

Cercetările minuțioase ale oamenilor de știință au izbutit să dea răspunsul cuvenit la întrebarea de mai sus. Astfel, s-a constatat că trunchiurile arborilor pot să fie acumulate pe loc sau transportate, prin mijlocirea apei, la distanțe mai mari ori mai mici (se formează în acest fel cărbuni *autohtoni*, respectiv *alohtoni*). Acumularea (depozitarea) imenselor cantități de material vegetal poate avea loc în bazine cu apă dulce (depuneri *limnice*), sau, dimpotrivă, în mlaștini ori lagune apropiate de țărmul marin și, de aceea, în cursul evoluției lor, ele au putut să fie invadate de mai multe ori de apele mării (depuneri *paralice*).

O condiție de mare importanță în asigurarea formării cărbunilor este ca fundul bazinului unde s-a depus materialul vegetal să sufere o continuă și ușoară scufundare. Aceasta permite constituirea unor strate groase de cărbuni, dar în același timp se asigură și depozitarea, în același bazin, a unui număr însemnat de strate. Totodată are loc și acțiunea temperaturii, presiunii și a altor factori de care aminteam mai înainte. Este evident că grosimea stratelor de cărbuni, cât și numărul lor depind de timpul și ritmicitatea perioadei de scufundare a bazinului, ca și de bogăția vegetației. Intercalațiile de argile, nisipuri, gresii etc. dintre stratele de cărbuni — sau „sterilul” cum poartă denumirea în minerit — nu sînt altceva decît rezultatul unor depuneri tocmai în perioada în care vegetația devenise mai săracă sau condițiile de acumulare, dintr-un motiv sau altul, nu mai fuseseră favorabile. Atunci cînd condițiile de formare a cărbunilor (vegetație bogată, un bazin de acumulare corespunzător, o scufundare lentă etc.) se întronează din nou, se naște un alt strat de cărbune. Ritmicitatea formării cărbunilor se poate constata în toate bazinele cu căr-

buni. Așa ne putem explica existența celor 25 de strate de cărbuni din Bazinul Petroșani, a celor peste 150 de strate din unele bazine ale Franței și Belgiei, a celor 200 din Bazinul Doneț. — U.R.S.S. ș.a.m.d.

2) Principalele tipuri de cărbuni

Materialul vegetal supus proceselor de turbificare și încărbunare poate să dea naștere mai multor tipuri de cărbuni. Natura resturilor acumulate, modul lor de acumulare și condițiile în care s-a produs transformarea acestor resturi determină o compoziție chimică foarte variată a cărbunilor. Din această cauză, pînă în prezent, nu există o clasificare a cărbunilor fosili unanim acceptată, ci se fac clasificări după: natura substanței organice de origine, conținutul în cenușă sau gradul lor de cocsificare, folosirea lor industrială (consum chimico-tehnologic, metalurgic și energetic), conținutul în apă sau în substanțe volatile etc.

Cea mai răspîdită este clasificarea genetică, deci cea care ia în considerare natura substanței organice de origine, potrivit căreia cărbunii se împart în:

— cărbuni *humici* sau *xiloizi*, constituiți în esență din plante terestre superioare. La formarea lor participă mai ales lignina și celuloza din corpul vegetalelor amintite. Aici includem marea majoritate a cărbunilor (turba, lignitul, cărbunele brun, huila și antracitul);

— cărbuni *sapropelici* sau *bituminoși*, formați pe seama microplanctonului acvatic (limnic), îndeosebi a fitoplanctonului. Grăsimile și proteinele din materia organică intervin în procesul de sapropelizare

(sau bituminizare). *Boghead*-ul, *cannel-coal*-ul sînt cei mai cunoscuți cărbuni sapropelici;

— cărbuni *liptobioliți*, foarte rari, rezultați din transformarea unor părți vegetale rezistente (spori, cuticule, suberine). Mai cunoscuți sînt *liptobioliți* din spori, din cuticule.

Mai departe vom face o scurtă caracterizare a principalelor tipuri de cărbuni humici, ei reprezentînd peste 95% din rezervele mondiale de cărbuni.

Turba, așa după cum arătam în primul capitol al cărții, ocupă treapta de început a formării cărbunilor. Ea are un aspect lînos și o culoare brună de diferite nuanțe. Turbele au un conținut ridicat de apă (70—95%) și o putere calorică de peste 2 000 Kcal/kg. Se întrebuițează drept combustibil inferior, ca îngrășămint azotat pentru culturile agricole, în floricultură, ca așternut absorbant în grajduri etc.

În țara noastră turba se găsește în Munții Lotru și Paring, la Mîndra (jud. Brașov), la Poiana Stampei (jud. Suceava), la Dersca (jud. Botoșani), la Miercurea Ciuc (jud. Harghita) etc. Mari zăcămint de turbă se găsesc în U.R.S.S., regiunea Moscovei și a Leningradului, în ținuturile Uralilor și Siberiei (ele reprezintă circa 80% din rezervele mondiale), apoi în R. F. Germania (regiunea Hanovra), S.U.A. etc.

Lignitul urmează imediat după turbă pe treapta calității cărbunilor. Foarte adesea putem recunoaște și cu ochiul liber structura lemnoasă de origine, ceea ce vrea să sugereze și denumirea ce i s-a dat acestui cărbune (lat. *lignum* = lemn).

Arde cu mult fum și, de cele mai multe ori, la uscare se desface în foi. Puterea calorică a lignitului, considerat ca fiind un combustibil inferior, este de 2 500—4 000 kcal/kg (sorturile mai bune puțin

trece chiar de 6 000 Kcal/kg), cu un conținut de cenușă de 7—47%.

Cea mai largă utilizare a lignitului este de cărbune energetic, fiind ars în termocentralele din apropierea zăcămintelor respective. Cea mai modernă utilizare a ligniților este transformarea lor în gaze combustibile, prin gazeificare subterană.

Se pot deosebi:

— ligniți pămîntoși, ce conțin în jur de 50% acizi humici, brichetabili fără aglutinant, și

— ligniți xiloizi, numiți și ligniți propriu-zisi, ce se caracterizează printr-un conținut scăzut de acizi humici (rareori depășind 6%).

Țara noastră dispune de mari rezerve de ligniți în bazinele Olteniei (Rovinari, Motru, Roșia, Albeni, Huznicioara, Alunu etc., jud. Gorj), la Schitu-Golești (jud. Argeș), Șotînga-Doicești (jud. Dîmbovița), Filipeștii de Pădure (jud. Prahova), Ojasca (jud. Buzău), Racoș, Căpeni, Baraolt (jud. Covasna), Sînersig (jud. Timiș), Caransebeșul Nou, Mehadia (jud. Caraș-Severin), Ip, Sărmășag* (jud. Sălaj), Derna, Voievozi, Borod, Topa-Criș (jud. Bihor) ș.a.m.d.

Pe următoarea treaptă calitativă se situează *cărbunele brun*, care este un cărbune humic mai compact (față de lignit) și strălucitor. Are culoare neagră-brună, fiind lucios (ca și huila), dar urma lăsată (pe o placă de porțelan) este de culoare brună (la huilă este neagră). Se mai deosebește de huilă și prin reacția cu hidroxid de potasiu (colorează soluția în galben-brun). Are a putere calorică de 4 000—7 200 Kcal/kg, un conținut de cenușă de circa 6% și apă

* Lignitul de Sărmășag (jud. Sălaj) este întrebuițat și ca material pentru condiționarea viscozității și a filtrației normale a noroaielor de foraj. Se livrează sub denumirea de „extract bazic de lignit“.

de zăcămint 4—7%. Prin cocsificare produce 50—55% cocs pulverulent, dar aglomerabil, bun pentru industria metalurgică, și 45—50% materii volatile, întrebuințate ca gaze de ars și la extragerea gudroanelor.

În țara noastră există zăcămintele de cărbune brun în mai multe cimpuri miniere din Bazinul Petroșani (partea de est a bazinului), apoi în Bazinul Comănești (jud. Bacău), Șoreceni-Ticu (jud. Cluj), Sureduc, Cristolțel (jud. Sălaj), Țebea-Brad (jud. Hunedoara) etc.

Huila reprezintă cel mai important cărbune humic, fiind cotat combustibil superior. Este în general compactă, are culoare neagră sau neagră-cenușie, cu luciu sticlos, gras și strălucitor. Este un cărbune dur, dar sfărâmicios și prezintă o spărtură de obicei neregulată.

În general, huilele au o putere calorică ridicată (7 000—9 000 Kcal/kg), un conținut de apă scăzut (1—3%), iar conținutul de cenușă este în medie de circa 10%.

Utilizarea primordială a huilei este ca materie primă în industrie pentru: fabricarea cocsului metalurgic, a gazului de iluminat, a numeroase produse chimice de sinteză (benzen, tolueen, naftalină etc.), a uleiurilor, gudroanelor etc.

În natură huilele se prezintă foarte diferit. Clasificarea lor se face după diferite criterii. Mai răspândită este clasificarea ce ține cont de cantitatea de materii volatile (MV), raportată la materia combustibilă și de aspectul cocsului rezultat. În acest sens se deosebesc:

— huile cu flacără lungă (flambante), ce conțin 41—50% MV, nu au capacitate de aglutinare sau aglutinează foarte slab și sînt folosite în șarjele de cocsificare;

— huile grase, cu un conținut de 25—38% MV, din care se obține un cocs bun, topit, umflat;

— huile de cocs, cu 19—30% MV, care dau un cocs topit, dur, rezistent și compact;

— huile slabe (semigrase), ce conțin 10—19% MV și dau un cocs acceptabil, de la aglomerat pînă la praf, întrebuințat la alcătuirea șarjelor de cocsificare;

— huile antracitoase, cu 4—10% MV, fără proprietăți de cocsificare; dau un cocs pulverulent și sfărâmicios.

Huilele cu un conținut scăzut de materii volatile (sub 30%) mai sînt numite și *huile cu flacără scurtă* (aici intră, așadar, huilele de cocs, slabe și antracitoase).

Majoritatea zăcămintelor de huile se cantonează în formațiuni paleozoice superioare (carbonifer-permian), în mai mică măsură în sedimente mezozoice și numai rareori în paleogen. Cele mai mari rezerve de huile se găsesc în emisfera nordică (U.R.S.S., China, S.U.A., Marea Britanie, R.F. Germania, Franța, Polonia, Cehoslovacia etc.).

În R. S. România huila se găsește în Bazinul Petroșani (în extremitatea vestică a bazinului, unde calitatea cărbunilor variază de la cărbune brun huiolos la huilă cu flacără lungă și huilă de gaz) și în unele bazine mai mici din Banat (Anina, Lupac, Secu, Doman, Cozla, jud. Caraș-Severin și Timiș).

Antracitul este un cărbune humic superior, cu cel mai avansat grad de încălburare. Are culoare neagră, strălucire metalică, spărtură angulară sau concoidală. Se aprinde anevoios, arde greu, cu o flacără scurtă, fără fum și cu decrepitări.

Puterea calorică a acestui cărbune este de 8 200—9 200 Kcal/kg, conține puțină apă (~1%) și cenușă 3—3,5%.

Antracitul s-a format în condiții geologice speciale (temperaturi de 350—600°C și presiuni înalte) și nu este cocsificabil. Se întrebuintează drept combustibil și ca reducător în industria zincului.

În țara noastră mai important este zăcămintul de la Schela-Gorj, dar și acesta are rezerve modeste. În lume, țările deținătoare de mari rezerve de hule au și zăcăminte importante de antracit.

Pentru a ne face o privire de ansamblu asupra compoziției chimice a cărbunilor humici, prezentăm mai departe un tabel orientativ ce consemnează conținutul (în procente) al principalelor elemente componente (C, H, O, N).

Compoziția procentuală a principalelor elemente întâlnite în diferite tipuri de cărbuni

Tipuri de cărbuni	C%	H%	O%	N%
Turbă	50—60	5—6	33—38	2
Lignit	57—65	5—6	32—34	1,5
Cărbune brun	60—82	4—5	5—20	0,8
Huică	79—90	4—5	5—15	0,8
Antracit	90—95	1—1,5	2,5—5	urme

Desigur, în afară de acești componenți principali, cărbunii mai conțin, în proporții variabile, S, P etc., impurități minerale și apă.

Nu putem încheia acest subcapitol* fără să subliniem că diferitele tipuri de cărbuni se caracteri-

* Petrografia cărbunilor poate să fie studiată prin mai multe metode. Amintim ca fiind mai importante: metodele de lucru ce se bazează pe studiul secțiunilor subțiri și al secțiunilor lustruite. Secțiunile subțiri se pretează îndeosebi la cărbunii inferiori, pe când secțiunile lustruite se confecționează atât din cărbunii inferiori, cât și din cei

superiori. Ultima metodă (ce folosește suprafețe lustruite) pune în evidență anumiți componenți petrografici: — *Vitritul* se prezintă ca benzi sau lentile de cîțiva centimetri grosime și participă în proporție de peste 50% la formarea straturilor de huică și cărbune brun. Este compact, are un luciu puternic, asemănător smoalei, fiind adeseori străbătut de crăpături perpendiculare pe stratificație. După gradul de carbonificare, vitritul apare în suprafețele lustruite de la culoarea cenușie pînă la alb-gălbui. Vitritul se poate prezenta sub două forme: vitrit fără structură (la care nu se mai poate distinge o structură lemnoasă) și vitrit cu structură (la care se recunosc celulele materialului vegetal de origine). Faptul că la vitrit se poate distinge structura celulară ne arată că acest component provine din resturi lemnoase care au trecut printr-o stare de gelificare, în timpul căreia spațiile celulare au fost impregnate cu soluții coloidale (gel humic). Odată cu creșterea gradului de carbonificare are loc o dispariție treptată a structurii celulare a vitritului. În general, conținutul în cenușă al vitritului este mai mic decît al duritului și fuzitului. Vitritul are un conținut mic de materii volatile, pentru că corpurile bituminoase (spori, polen etc.) lipsesc de obicei. În ceea ce privește analiza elementară, vitritul are un conținut de carbon mai ridicat față de durit, dar mai scăzut ca fuzitul. Prezența vitritului în cărbuni determină praf mult în exploatare, iar în operațiile de preparare mecanică necesită clase granulometrice fine.

— *Claritul* formează benzi cu un luciu mai slab decît al vitritului și este considerat ca fiind un component petrografic cu caractere intermediare între vitrit și durit. Se deosebește de vitrit și prin faptul că acesta nu este un component unitar (este alcătuit din masa de bază și corpuri bituminoase). Claritul (ca și vitritul) are un conținut mic de substanțe minerale.

La sfărîmarea și separarea cărbunelui, claritul se concentrează în granule mai mari decît 1 mm.

— *Duritul*, la fel ca și claritul, nu este un component unitar. Culoarea lui este cenușie-neagră pînă la neagră și

Petrografia cărbunilor — alături de cercetările de paleobotanică și palinologie — oferă date importante privind condițiile de formare a zăcămintelor de cărbuni. În primul rând informații despre materialele generatoare de cărbuni; plante cu spori, gimnosperme, angiosperme, apoi despre condițiile de depunere și de transformare a materialului vegetal supus procesului de carbonificare.

Cercetările petrografice se răsfrâng pozitiv asupra

este complet mat. Este elementul petrografic cel mai dur al cărbunilor fosili (ceea ce sugerează și numele). La microscop se constată că duritul este alcătuit dintr-o masă de bază în care sînt înglobate corpurile bituminoase. Conținutul de cenușă al duritului este superior celui al vitritului și claritului, din cauza materiilor minerale (mai importantă fiind argila) ce se poate acumula în masa lui de bază. Datorită corpurilor bituminoase ce le conține, duritul este componentul petrografic cu cel mai ridicat procent de materii volatile. În ceea ce privește analiza elementară, duritul are conținutul cel mai ridicat în H, dar conține mai puțin C, în comparație cu vitritul.

— *Fuzitul*, la fel ca și vitritul, este un component unitar (constă dintr-o masă de bază unitară). Are un luciu mat, mătăsoș, fiind foarte asemănător cu mangalul; se sfărîmă ușor și se ia pe mîna ca funinginea. Microscopic, fuzitul se deosebește de ceilalți componenți petrografici prin păstrarea perfectă a structurii materialului de origine, prin relieful său pronunțat, prin culoarea albă cu nuanțe gălbui. Odată cu creșterea gradului de carbonificare, fuzitul își păstrează culoarea gălbuie-albă, iar relieful său pronunțat devine din ce în ce mai slab, pînă dispare complet. Se consideră că existența fuzitului în cantități mai mari în unele zăcămintele se datorește unor schimbări periodice ale nivelului de apă din turbăriile de origine. Fuzitul are cel mai ridicat conținut în cenușă din turbării. Fuzitul este inert la cocsificare, indiferent de gradul de carbonificare al cărbunilor pe care-i conține — el nu suferă nici o schimbare în timpul cocsificării. În ceea ce privește analiza elementară, fuzitul prezintă cel mai ridicat conținut în C, dar și cel mai scăzut în H.

pe procedeele tehnologice de înnobilare a cărbunilor. Este vorba de prepararea cărbunilor, brichetarea și cocsificarea* acestora.

3) Pădurile din care s-au format cărbunii fosili

Compoziția pădurilor care au stat la baza formării diferitelor sorturi de cărbuni a variat foarte mult de-a lungul perioadelor geologice. Specialiștii au izbutit să cunoască rostul diferitelor tipuri de plante din pădurile luxuriante ale erelor de demult studiind vestigiile rămase de la ele (amprente foliare, trunchiuri, semințe, fructe, spori, polen etc.).

* După cum se știe, cocsul este un produs solid, poros, negru cu nuanțe argintii, ce se obține prin încălzirea cărbunilor cocsificabili la temperaturi înalte (800—1300°C), în retorte închise. Pentru cărbunii din care se prepară cocsul este foarte bine stabilit conținutul în cenușă, sulf, fosfor — neputîndu-se depăși anumite normative stricte. Se folosește drept combustibil și ca materie primă sau auxiliară în diverse industrii (de exemplu, în industria metalurgică la fabricarea fontei; în industria chimică la obținerea gazului de sinteză, a carburii de calciu). Foarte important este așa-numitul cocs metalurgic, care este un cocs de calitate superioară, folosit ca agent de reducere și combustibil în metalurgie la furnalele înalte. La noi în țară se obține la combinatele de profil din Hunedoara, Reșița, Călan, Galați. Producerea cocsului metalurgic impune extinderea folosirii huilelor slab cocsificabile și utilizarea cărbunilor energetici indigeni, în funcție de gradul de carbonificare a cărbunilor. De exemplu, la huilele de cocs (cu 19—30 MV) vitritul și claritul sînt întotdeauna cocsificabili și sînt considerați ca purtători ai cocsificării. Comportarea duritului la cocsificare depinde de alcătuirea fină a structurii sale. Fuzitul, așa după cum s-a mai spus, este inert la cocsificare, dar cînd se găsește fin răspîndit în cărbunele de cocs, în proporție de 3—5%, el acționează favorabil asupra rezistenței cocsului.

Deși unele acumulări de cărbuni fosili se găsesc în formațiuni foarte vechi (unele punți sînt semnate chiar din precambrian sau prima parte a paleozoicului), despre adevărate zăcămintele putem vorbi doar în paleozoicul superior, la geneza lor participînd imense păduri luxuriante. (Reamintim că depunerile cărbunoase din precambrian și paleozoicul inferior s-au produs pe baza algelor în mediul acvatic.)

a) Cele dintîi jungle din istoria Pămîntului. Perioadele de la sfîrșitul erei paleozoice se bucură de o deosebită atenție din partea geologilor, căci atunci (în carbonifer și permian) s-au format marile rezerve de cărbuni superiori ale lumii — peste 40%. Dealtfel, adeseori cele două perioade amintite sînt reunite sub o singură denumire — aceea de antracolic (g. *anthrax* = cărbune).

Nota generală a luxuriantelor păduri din paleozoicul superior (de la a căror dispariție s-au scurs vreo 200 milioane de ani) (fig. 22) o dădeau niște copaci de peste 25—30 m înălțime, dar de o formă cu totul neobișnuită azi. Pe trunchiuri și ramuri aveau urme curioase, asemănătoare unor sigilii, rămase în urma căderii frunzelor și eventual a unor rămurele. Geologii i-au numit *Sigillaria* și *Lepidodendron*, în funcție de așezarea și forma acestor peceti, păstrate pe suprafața lor și care confereau arborilor un aspect solzos. Acești copaci se fixau în solul afinat al mlaștinilor antracolice, prin tulpini subpămîntene de forma unor cruci bizare, care le asigurau o ancorare solidă. Alături și strîns înrudiți cu ei creșteau arbori de talie mai mică, la care căderea frunzelor lăsa niște cicatrice asemănătoare solzilor de șarpe (*Lepidophloios*), iar alții căpătau, prin căderea ra-



Fig. 22. Reconstituirea florei din timpul carboniferului (Ad — *Adiantites*, As. — *Asterocalamites*, C — *Cardiopteris*, Cal — *Calamites*, Cd. *Cordaites*, Et. — *Etapteris*, Lg. — *Lyginopteris*, Ln. — *Lepidodendron*, N — *Neuropteris*, Ps. — *Psymophyllum*, Pt. — *Pityis*, R. — *Ruchopteris*, S. — *Stauropteris*, Sa — *Stigmara*, Sg. — *Sigillaria*, Sp. — *Sphenophyllum*, U. — *Ulodendron*, W. — *Walchia*).

murilor, un aspect dezolant, ca și cum tulpina ar fi fost rănită sau tăiată (*Ulodendron*).

Calamites era un copac falnic (de 10—20 m înălțime) ce prefera terenurile cu multă apă. Acest arbore se număra printre strămoșii îndepărtați ai genului *Equisetum*, căruia îi aparține dintre speciile actuale „coada calului“ (*E. arvense*), plantă ierboasă de numai câțiva decimetri înălțime, din flora actuală a țării noastre. La fel ca și la *Equisetum*, atît trunchiul cît și ramurile copacului fosil erau alcătuite din porțiuni mai scurte sau mai lungi (numite noduri și internoduri) care se articulau între ele. Acești arbori purtau frunze mici, dispuse în rozetă, care s-au fosilizat adesea, alături de fragmente din ramurile și trunchiurile aceluiași copac. Frunzele amintite au fost numite de paleobotaniști — *Annularia*.

Pe tulpinile viguroase ale arborilor de care aminteam mai sus se ridicau numeroase liane subțiri, de zeci și sute de metri, izbutind în acest fel să ajungă la lumină, legînd totodată copacii într-un hățiș greu de străbătut. Unele dintre ele (*Sphenophyllum*) aveau tulpini muchiate și articulate, ceea ce sporea și mai mult aspectul neobișnuit al acestor plante.

Înădins am lăsat mai la urmă *ferigile*, căci despre acestea merită să știm mai multe lucruri, întrucît au jucat un rol hotărîtor în geneza celor mai multe zăcămintele de cărbuni superiori din perioada permocarboniferă. Unii autori apreciază la 2/5 participarea ferigilor în cadrul pădurilor din paleozoicul superior al emisferei nordice.

După cum se știe, în flora actuală ferigile însuamează peste 10 000 specii, avînd o largă răspîndire geografică. Au portul unor plante ierboase, cîteodată chiar de arbori, liane sau plante spinoase. Unele sînt plante de lumină, cu frunze compuse (fronde)

foarte divizate, pe cînd altele prosperă la umbră și au frunzele late, mai puțin decupate. Ferigile — apărute foarte probabil la finele silurianului — se întîlnesc cu siguranță din devonian; ele au cunoscut o dezvoltare evolutivă în paleozoicul superior, cînd (așa după cum am mai arătat) au avut un rol lito-genetic de prim rang. Deși frecvente în anumite perioade ale erei secundare și chiar în terțiar, ferigile și-au pierdut în cea mai mare parte rolul lito-genetic.

În bazinele cu cărbuni paleozoici se găsesc felurite și numeroase frunze, spori și chiar fragmente de trunchiuri. Mai ales părțile de frunze sînt de o mare varietate și abundență; frunzele ferigilor erau foarte bine dezvoltate și de la ele ni s-a păstrat un mare număr de tipuri de foliole (frunzulițe). Genul *Pecopteris*, deosebit de frecvent în pădurile antracolitice, este descris tocmai pe baza unor pinule mici ce intrau în alcătuirea unor frunze compuse, foarte impunătoare (de circa 2 m lungime).

Tot în mlaștinile silvestre de la sfîrșitul paleozoicului trăiau arbori aparținînd unor *gimnosperme* mai mult sau mai puțin primitive. În acest context amintim pe *Cordaites* (un copac de vreo 30 m înălțime, asemănător brazilor actuali, dar cu frunze late dispuse în buchete), apoi unele conifere mici, puțin evoluat (*Lebachia*) și mai ales arbori și arbuști din clasa *ferigilor cu semințe* (grupă sistematică exclusiv fosilă, la care se încadrează plante cu port de ferigă, dar la care — curios! — se individualizau semințele).

Prin obscuritatea frunzișului verde al pădurilor antracolitice se strecurau animale greoaie, adaptate la viața de mlaștină; este vorba de *Stegocephali*, niște batracieni al căror corp, asemănător cu al crocodililor actuali, era acoperit de solzi, iar capul —

de niște plăci osoase de forme dintre cele mai ciudate. Deasupra ochiurilor de apă ale întinselor mlaștini planau în voie libelule multicolore, care puteau depăși 0,5 m lungime. Dar prin mlaștinile de la sfârșitul paleozoicului se țirau și primii reprezentanți ai reptilelor primitive, animale greoaie, ale căror picioare puternice, terminate cu gheare, le serveau la scormonit în timp ce-și căutau hrana.

Cum formațiunile de vîrstă carboniferă sînt mai puțin dezvoltate la noi în țară — raportate la alte țări — este de așteptat ca și rezervele de cărbuni din acele timpuri să fie în cantități mai reduse. Totuși la Lupac, Secu, Baia Nouă (jud. Caraș-Severin) au fost condiții de formare a cîtorva straturi de cărbuni de calitate superioară (huile). Tot din aceste localități, ca și din altele, a fost inventariată o floră care cuprindea în general în compoziția sa și speciile de arbori amintiți mai înainte.

Sfârșitul erei paleozoice înseamnă și încetarea formării marilor zăcăminte de cărbuni pentru o lungă durată de timp. Această situație a fost determinată de schimbarea radicală a raporturilor dintre mare și uscat, a condițiilor climatice, precum și de restrîngerea suprafețelor mlaștinoase. O parte din vegetația luxuriantă din mlaștinile antracolitice dispărea pentru totdeauna, iar în alte cazuri firul evolutiv al unor specii de plante este dus mai departe de urmași mult schimbați.

Desigur, aceste transformări, cu un atît de larg ecou, își au originea într-o suită de fenomene geologice (activitatea vulcanică, formări de lanțuri muntoase, o altă înfățișare a raporturilor mare—uscat etc.), influențate — eventual — de complicate (și nu îndeajuns de desluite) fenomene cosmice. Toate acestea au făcut ca plantele, ca dealtfel și animalele, timpurilor mezozoice să capete alte înfă-

țișări, cu care, în parte, vom face cunoștință în paginile ce urmează.

b) Pădurile de gimnosperme ale erei secundare. Dacă în pădurile din paleozoicul superior ferigile jucaseră un rol deosebit de important (alături de Lepidopside, Arthropside), în mezozoic locul lor este luat de variate tipuri de *Gimnosperme* (fig. 23). Într-atît a fost numărul lor de mare, încît paleobotaniștii nu ezită să numească era secundară și „era gimnospermelor“.

Cu toate că din prima parte a mezozoicului (din triasic) s-au păstrat numeroase trunchiuri și frunze fosile, totuși cantitatea de cărbuni triasici este redusă. Acest lucru denotă că încă nu se stabiliseră condiții bune pentru formarea unor astfel de depozite.

Abia în a doua perioadă, în jurasic, se semnalează constituirea unor zăcăminte de cărbuni de mai mare importanță. În nici un caz însă nu se aseamănă, ca rezerve, cu cele din paleozoicul superior.

Întrucît cărbunii de la Anina, Doman, Cozlă, Bigăr (jud. Caraș-Severin), Codlea, Cristian (jud. Brașov) sînt tocmai produsul pădurilor jurasice, ne vom opri mai mult asupra vegetației din această perioadă. Astăzi se știe bine că pădurile care au dat naștere cărbunilor din localitățile sus-amintite se dezvoltau într-un mediu turbos, cu multe precipitații și temperaturi ridicate, asemănătoare celor existente în cîteva regiuni intertropicale. Frunzele unor ferigi din fam. Matoniaceae (care mai au urmași doar în pădurile calde din Malaysia și Indonezia) sînt mărturii sigure ale climatului de atunci. Dar zona acestui climat se întindea mult spre nord, dovadă fiind amprente foliare de matoniacee întîlnite în unele



Fig. 23. Reconstituirea florei din timpul jurasicului (W. — *Williamsonia*,
Cy. — *Cycadeoidea*, E. — *Equisetites*, T. — *Taeniopteris*).

ări ale Peninsulei Scandinave și în sudul Groenlandei.

Este neîndoiș că pădurile noastre jurasice (ca dealtfel întregul patrimoniu forestier din jurasicul celei mai mari părți a emisferei boreale) erau alcătuite preponderent din gimnosperme. Din cadrul acestora, reprezentanții clasei *Cycadopsida* au fost cei mai importanți. Ca și plantele actuale, strămoșii fosili trebuie să fi fost arbori și arbuști cu aspect de palmieri sau ferigi arborescente. Trunchiurile lor cilindrice sau globuloase purtau în vîrf frunze mari (de obicei, compuse) dispuse în mănunchiuri ce înțeaceau 1—2 m lungime. Ne putem face o idee mai exactă despre rolul important al acestor arbori arătînd că 2/5 din flora erei mezozoice aparținea cica-dopsidelor, pe cînd astăzi mai numără doar 9 genuri! Dintre cele de astăzi, mai cunoscut este „palmierul etiopian“ (*Cycas*) care întrunește caracterele arhaice prezentate mai sus. Frunze pieltoase, de forme foarte variate, aparținînd cica-dopsidelor străvechi se găsesc adeseori în argilele de la Anina (jud. Caraș-Severin), Codlea (jud. Brașov) etc. Un material foliar bogat de cica-dopside fosile poate fi admirat în cadrul colecțiilor de paleobotanică de la Institutul geologic (București) și de la Universitățile din București și Cluj-Napoca.

Pădurile din jurasic erau foarte monotone. Așa se face că din nordul Europei pînă în Siberia și sudul Japoniei ele își păstrau aproape neschimbată compoziția. Se pare că climatul cald, cu precipitații abundente, nu suferea schimbări importante pe tot acest teritoriu.

Cercetările paleobotanice atestă că vegetația de tip gimnospermic din jurasic s-a continuat și în cre-tacicul inferior. În cre-tacicul superior, gimnosper-

mele erau în plin declin, ajungând subordonate angiospermelor.

Pădurile de gimnosperme au dus la formarea unor importante zăcămintе de cărbuni în intervalul triasic superior — cretacic inferior. Mai importante sînt unele zăcămintе de cărbuni bruni și huile din U.R.S.S. (Asia Mijlocie, Siberia — bazinele Aldan, Lena, Transbaicalului), China, S.U.A. etc. În Europa, zăcămintele mai mici de cărbuni mezozoici se găsesc în Polonia, R. D. Germană, Bulgaria, Ungaria și România.

Cretacicul superior, după cum am menționat mai sus, se caracterizează printr-o vegetație dominată de angiosperme, care aveau să capete dezvoltare supremă în neozoic.

Pădurile cu cicadopside au părăsit pentru totdeauna poziția primordială în ansamblul vegetației. Același lucru este valabil și pentru *Ginkgoale*, ordin cu înflorire evolutivă legată de timpurile jurasice, dar aflate în declin brutal în cretacicul superior (în flora cretacicului superior, apoi în neozoic, inclusiv astăzi, ordinul mai era reprezentat printr-un singur gen, *Ginkgo**).

Coniferele — care au atins apogeul evolutiv la finele jurasicului — au continuat să joace un rol important și în cretacicul superior, îndeosebi prin reprezentanți ai familiilor Araucariaceae, Taxodiaceae, Pinaceae ș.a.

Cele mai spectaculoase schimbări s-au petrecut, la nivelul cretacicului superior, în lumea angiospermelor.

* În flora actuală genul este reprezentat de o singură specie, *G. biloba*, arbore ornamental cultivat prin parcurile Europei, dar care a mai supraviețuit izolat în flora spontană din SE Chinei.

Aceste păduri, formate în cea mai mare parte din angiosperme (alături de care un rol de seamă îl aveau și coniferele) au furnizat materia primă pentru formarea unor zăcămintе de huile și cărbuni bruni cu importanță economică, amplasate pe teritoriile U.R.S.S., S.U.A. etc.

La noi în țară, în cretacicul superior din Bazinul Rusca Montană se găsesc cîteva intercalații de cărbuni care, în general, aparțin din punct de vedere calitativ huilelor. Resturile vegetale conservate în zonă și studiate recent arată că pădurile de proveniență erau mixte: conifere și angiosperme (alături de care ferigile mai aveau un rol subordonat). Dintre conifere, mai frecvente sînt urmele de rămurele frunzoase, atribuite la copaci din familiile Araucariaceae și Taxodiaceae. Monocotiledonatele sînt reprezentate prin palmieri și pandani*. Dicotiledonatele sînt cele mai variate și numeroase, dintre care merită să semnalăm ca mai frecvente: neamurile de platani străvechi (*Credneria*, *Platanus*), araliacee exotice (*Aralia*, *Dewalquea*), stejari primitivi (*Quercus*) etc. Dorim să întregim această informare amintind cititorilor că prin astfel de păduri își purtau pașii o bogată faună de dinozauri, de la care s-au găsit resturi de oase împietrite păstrate îndeosebi în cretacicul superior al Bazinului Hațeg.

* Pandanii (*Pandanus*) sînt monocotiledonate înrudite cu palmierii, care mai trăiesc astăzi în regiunile intertropicale, fiind specifice pădurilor de mangrove. Colecția de amprente foliare atribuită pandanilor (ce însumează mai multe sute de bucăți) se află depusă în cadrul Muzeului de geologie-paleontologie al Universității clujene, fiind la ora actuală cea mai bogată colecție de pandani fosili din lume. Unele specii (*P. romanicus*, *P. spinatissimus*, *P. barbui* ș.a.) au fost descrise pentru prima oară de la Rusca Montană.

c) Înnoirile din vegetația neozoică. Procesul de transformare a vegetației început în cretacicul superior avea să fie continuat și amplificat pe parcursul întregii ere neozoice, până în zilele noastre. Cum în tot acest răstimp (cretacic superior — neozoic actual) vegetația a fost și rămâne dominată în mod absolut (cantitativ și calitativ) de angiosperme, specialiștii numesc intervalul amintit „era angiospermelor” (fig. 24).

Datele paleobotanice arată că pe parcursul erei neozoice coniferele continuau să joace un rol important, furnizînd o cantitate însemnată de material lemnos. De la o perioadă la alta a erei, de exemplu pentru Europa, familiile de conifere au avut o pondere remarcabilă. Dacă pentru paleogen și miocen au fost majoritare taxodiaceele, în pliocen (și apoi în cuaternar) au fost treptat înlocuite de alte rășinoase, în special Pinaceae. În ceea ce privește angiospermele, putem face următoarea remarcă: în paleogen dominau reprezentanți termofili, care, ulterior, au fost înlocuiți de elemente de climă temperat-caldă, respectiv temperată, spre finele pliocenului și în unele etape din cuaternar.

Astfel de păduri au stat la baza formării unor importante zăcăminte de cărbuni (îndeosebi cărbuni bruni, ligniți și mai rar huile), ce se găsesc la diferite latitudini în ambele emisfere. Importante zăcăminte de cărbuni bruni și ligniți terțiari — unele exploatabile chiar în cariere — se găsesc în R. D. Germană, Cehoslovacia, Ungaria, Bulgaria, Iugoslavia etc., apoi în China, Australia, S.U.A., Canada, Columbia etc.

România deține mari rezerve de cărbuni neozoici. Cel mai important zăcămint de cărbune al țării (Bazinul Petroșani) s-a format la finele paleogenului (în oligocen). Tot oligocenici sînt și cărbunii



Fig. 24. Reconstituirea florei din oligocen (Ab. — *Abelia*, Ac. — *Acanthus*, Al. — *Alrovaranda*, Am. — *Acrostichum*, Ba. — *Brasenia*, Ca. — *Catalpa*, Cn. — *Cinnamomum*, Cs. — *Clematis*, Ea. — *Engelhardtia*, Eq. — *Equisetum*, F. — *Ficus*, Fg. — *Fagus*, Mi. — *Melissa*, P. — *Papaver*, Sg. — *Stratiotes*, St. — *Zizyphus*).

bruni din Bazinul Almaş-Agrij (jud. Cluj — NV Transilvaniei). Pădurile oligocene din România, după cum arată bogatul material paleobotanic prelucrat pînă în prezent, vegetau într-un climat cald, de factură tropical-subtropicală, unde alături de conifere (chiparosul de baltă), *Taxodium*, arborele-mamut (*Sequoia*) etc. prosperau variate tipuri de palmieri și foioase: arborele de scorțișoară (*Cinnamomum*), stejari exotici (*Castanopsis*, *Quercus*), magnolii (*Magnolia*), foarte numeroase neamuri de nuci exotici (*Carya*, *Pterocarya*, *Engelhardtia*), arborele de abanos (*Diospyros*), zizifi (*Zizyphus*) etc.

În miocen a scăzut ponderea arborilor termofil, începînd să sporească numărul plantelor de climat temperat-cald. De aceea, în depozitele miocene găsim foarte numeroase resturi (frunze, lemne, polen) de juglandacee, platani, arțari etc., alături de unii arbori de climat cald pe care i-am amintit anterior. Se poate considera, chiar, că la finele miocenului — la latitudinea țării noastre — au dispărut palmierii, majoritatea absolută a lauraceelor etc. Astfel de păduri au stat la baza formării unor cărbuni miocenici, cum sînt cei de la Comănești (jud. Bacău), Tebea-Brad (jud. Hunedoara) etc.

În pliocen, pădurile de pe teritoriul țării noastre purtau amprenta unui climat temperat-cald, fiind asemănătoare cu cele actuale din Caucaz, și zona atlantică nord-americană (conifere, castani, stejari, fagi, platani, nuci, carpeni ș.a.m.d.). Ligniții de la Derna Voievozi (jud. Bihor), Rovinari, Motru (jud. Gorj), Baraolt (jud. Covasna) etc. își au originea în astfel de păduri.

Vicisitudinile climatice generate de glaciația din cuaternar aveau să permită doar formarea turbei — formațiune subrecentă sau recentă de care ne-am ocupat anterior.

4) Cărbunii între prezent și viitor

În contextul civilizației actuale problema resurselor de energie preocupă tot mai mult țările lumii. Sîntem martorii eforturilor susținute prin care specialiștii încearcă să sporească ponderea unor energii mai puțin utilizate în trecut, ca: energia nucleară, solară, geotermică etc., în așa fel ca într-un viitor nu prea îndepărtat sursele clasice de energie (cărbuni, petrol, gaze naturale) să poată fi economisite. În ciuda acestor eforturi, organisme de specialitate apreciază că și în primele decenii ale mileniului următor sursele clasice de energie vor continua să joace un rol preponderent.

Este interesant să consemnăm aici că, după unele statistici, ponderea cărbunilor din totalul de resurse energetice este apreciată a fi de 93,5% (petrolului îi revine doar 3,5%, iar gazelor naturale 3%). Estimarea resurselor de combustibili fosili și a consumului lor a permis specialiștilor să aprecieze că, în jurul anului 2010 rezervele de cărbuni vor fi epuizate numai într-o proporție de 2% (petrolul va fi epuizat într-o proporție de 87%, iar gazele naturale, 73%).

Cifrele amintite sînt suficient de edificatoare — credem —, pentru a înțelege orientarea generală a consumatorilor spre valorificarea cărbunilor. Starea de fapt amintită a determinat ca țările producătoare de cărbuni să-și schimbe orientarea, sporind substanțial producția de cărbuni.

Dacă în 1950, cărbunii au constituit principala resursă de energie primară folosită (circa 60% din necesarul mondial), în perioada care a urmat folosirea cărbunilor a cunoscut un regres de mare anvergură, îndeosebi datorită prețului scăzut al petrolului. Așa se face că la declanșarea crizei petrolului

(1973—1974) consumul de cărbune acoperea doar 30% din necesarul mondial de energie. În schimb, în contextul sporirii prețului la hidrocarburi, toate țările lumii se reîntorc spre cărbunii fosili, ceea ce va face ca spre anul 2000 cărbunii fosili să reprezinte principalul suport energetic*.

În majoritatea țărilor lumii (inclusiv în țările dezvoltate industrial, unde se impune tot mai mult folosirea energiei nucleare) s-au elaborat programe de perspectivă, pe perioade lungi, care examinează punerea la punct de tehnologii avansate privind valorificarea zăcămintelor de cărbuni. Se urmărește: extragerea cărbunilor cu utilaje comandate de la distanță, automatizarea transportului, a susținerii galeriilor, a instalațiilor de preparare etc., apoi lichefierea și gazeificarea cărbunilor sau chiar exploatarea cu ajutorul solvenților ș.a.m.d.

Se caută ca anumite instalații industriale (termocentrale, fabrici de ciment etc.) ce utilizează alte surse de energie (petrol, gaze naturale) să fie reproductate pentru utilizarea cărbunilor (inferiori).

Avantajele folosirii cărbunilor rezidă în următoarele:

— zăcămintele de cărbuni reprezintă cea mai importantă sursă de energie fosilă; rezervele de cărbuni sînt incomparabil mai mari față de cele de petrol;

— metodele moderne de exploatare și transport al cărbunilor pun într-o lumină și mai favorabilă viitorul cărbunilor;

— valorificarea prin lichefiere sau gazeificare a cărbunilor va spori eficiența lor economică;

— exploatarea în cariere a straturilor de cărbuni aflate în apropierea suprafeței și utilizarea lor în mari termocentrale sau în enorme complexe industriale (amplasate în imediata apropiere a zăcămintului) fac din cărbunii fosili cel mai economic combustibil.

În țara noastră se depun eforturi pentru valorificarea superioară a cărbunilor și pentru creșterea ponderii lor în balanța energetică. Pentru anul 1985 se prevede realizarea unei producții de 85 milioane t de cărbuni. Se va căuta să se sporească cantitățile de cărbuni cocsificabili, dar cea mai spectaculoasă creștere cantitativă o va înregistra producția de ligniți (72—75 miliarde t), exploatați în subteran sau în cariere, aceștia fiind valorificați în mari termocentrale amplasate în perimetrul regiunilor purtătoare de astfel de zăcămintele. La nivelul anului 1990, se prevede ca 60% din producția de energie electrică a României să se obțină pe baza extinderii utilizării cărbunilor inferiori și a potențialului hidroenergetic. Amintim, în acest context, construirea de mari termocentrale, cum sînt cele de la Rogojelu-Rovinari (jud. Gorj, ce va avea în final 1 720 MW), cea de la Turceni — jud. Gorj (cu o putere instalată de 2 640 MW, ce va fi printre cele mai mari termocentrale din Europa), care vor valorifica ligniții din regiunile respective.

* Evaluări recente au stabilit următoarea ierarhie în ceea ce privește principalele țări și regiuni care dețin importante rezerve de cărbuni: U.R.S.S., R. P. Chineză, S.U.A., Canada, America Latină, Europa, Africa și Oceania. Rezervele mondiale de cărbuni sînt estimate la 12 500 miliarde t.

România, țară cu tradiție petrolieră recunoscută și o producție de 275 t de petrol înregistrată încă din anul 1857, are o industrie petrolieră de peste 100 de ani, fiind astăzi printre primele țări din lume producătoare de utilaj petrolier cu performanțe în forajul de mare adâncime și forajul marin.

Din cele mai vechi timpuri, săparea manuală a puțurilor și deschiderea structurilor petrolifere au făcut obiectul unor activități rudimentare ale țărănilor români.

Primele sonde săpate mecanic în România au fost forate după cum urmează: în anul 1864 în Muntenia, în anul 1879 în Moldova, iar între anii 1890 și 1895 în Oltenia (I. Gavăt, 1977).

Precursorii geologiei românești, Gr. Cobălcescu la Iași și Gr. Ștefănescu la București, au realizat primele studii geologice în regiunile cu zăcămintele de petrol din Muntenia, Oltenia și Moldova.

Printre contribuțiile importante cu privire la geologia și răspândirea petrolului românesc menționăm lucrările realizate de L. Mrazec, G. Macovei, I. P. Voitești, I. Atanasiu, A. Vancea, N. Grigoraș, I. Gavăt și D. Paraschiv.

L. Mrazec, cercetînd formarea zăcămintelor de petrol, elaborează pentru prima dată teoria cutelor diapire și dezvoltă ipoteza originii organice a petrolului din România, considerînd stratele bituminoase de Cornu din jud. Prahova de vîrstă miocenă și disodilele oligocene, drept rocile-mume de petrol. G. Macovei dezvoltă ipoteza originii organice a petrolului și demonstrează relațiile dintre petrolul carpatic și rocile-mumă generatoare din oligocen, extinzînd această concepție la toate zăcămintele din România.

Continuatori ai acestor idei, N. Grigoraș descoperă noi zăcămintele în Platforma Moesică, iar I. Gavăt — zăcămintele marginale din unitatea flișului, din Depresiunea Getică și a Moldovei.

Toate aceste activități de prospecțiune, explorare și apoi de exploatare au permis industriei extractive de petrol din R. S. România să atingă producția de 14 590 000 t petrol și 27 miliarde m³ de gaze naturale, în anul 1975, deci de peste 4 ori mai mare la petrol și de aproape 30 de ori la gaze, în raport cu anii premergători primului cincinal.

Sarcini importante stau în viitor în fața industriei extractive de petrol, care deja se concretizează prin noi recorduri de adâncime atinse în foraje (6 500 m), precum și prin prospectarea și explorarea platformei continentale din fața litoralului românesc al Mării Negre.

Perspectivile de descoperire a noi zăcămintele de petrol și gaze se întrevăd în unele unități geologice, cum ar fi: Depresiunea Precarpatică (regiunea dintre Olt și Jiu, și dintre Jiu și Dunăre), zona flișului paleogen din Moldova, în zona de contact cu Platforma Moldovenească și în Cîmpia Română (depozitele mezozoice și paleozoice).

1) Originea petrolului

Problema originii petrolului a fost dezbătută mult timp și nici acum nu este complet soluționată. S-au încercat multe modele genetice, atât pe baza criteriilor geologice, cât și pe baza criteriilor chimice. Toate aceste încercări, de laborator sau la scară industrială, au dus la cunoașterea compoziției diferitelor petroluri de vîrste variate.

Petrolul ca și gazele naturale sînt substanțe mobile și deci nu se găsesc în locul unde s-au format, fapt ce ridică o serie de dificultăți în explicarea genezei acestor roci, mediul de formare al lor fiind aparent și nicidecum real.

Ipotezele privind originea petrolului se pot împărți în două: abiogenă, prima în ordine cronologică, și biogenă.

Originea biogenă implică participarea mai multor grupe de organisme, animale și vegetale, deseori combinînd ambele grupe. Transformările materiei organice s-ar datora unui complex de factori: bi chimici, termici și radioactivi.

Deoarece acumulările de petrol sînt entități geologice, orice ipoteză privind originea petrolului satisface cerințele geologice cu privire la sursa materialului, procesele de transformare ale materiei organice și acumulare.

Asocierea aproape universală a petrolului cu rocile sedimentare poate fi explicată atât prin compoziția chimică, cât și prin alte proprietăți ale acestuia.

Cu sute de ani în urmă se cunoștea că petrolul se formează în interiorul scoarței terestre prin acțiunea apei și a carburilor metalice. Ulterior s-a propus un alt mecanism, care implică interreacția dintre metalele alcaline, dioxid de carbon și apă. În labo-

rator hidrocarburile au fost obținute pe această cale, cu toate că atât carburile metalice, cât și metalele alcaline nu sînt cunoscute în scoarța terestră.

Pentru unele petroluri vechi a fost propusă originea dublă, atât pe cale abiogenă, ca urmare a unor reacții chimice ce au apărut înainte de formarea primelor sedimente, cât și biogenă, prin care primele organisme ar fi utilizat aceste „hidrocarburi” ca sursă de extragere a carbonului și hidrogenului, precum și a sulfului și azotului. Organismele s-ar fi găsit asociate în acest petrol primar, care prin resturile lor ar fi contribuit la formarea petrolului natural.

Originea abiogenă a petrolului, deși este formulată de multă vreme, a fost reluată și dezvoltată cu noi date de Porfirov (1974, 1977). Această ipoteză care are la bază o serie de reacții chimice se bazează numai pe date experimentale, de laborator și mai puțin pe procese care s-ar putea desfășura în condiții geologice.

2) Sursele de materie organică și principalii componenți organici din sedimente

Pentru a cunoaște sursa de materie organică din care au luat naștere hidrocarburile, trebuie să trecem pe scurt în revistă organismele prezente astăzi în sedimente. Dintre organisme, numai anumite grupe de plante inferioare pot utiliza substanțele anorganice și elibera compuși organici. Unele condiții deosebite pot determina ca proporția anumitor substanțe în organisme să difere foarte mult față de cantitățile produse și existente în condiții normale. Proporțiile depind de nivelul temperaturii

generale, care influențează cantitatea de materie organică pe unitatea de volum.

Petrolul se asociază în majoritatea cazurilor cu roci de origine marină. Eroziunea continentală este principala sursă în componenți minerali din apa mării, ulterior extrasă și folosită de microorganisme. Curenții marini, bogați în hrană și minerale, circulau în apropierea țărmului pe fund și ajungeau la suprafață în zonele denivelate sau ridicate ale poverișului continental.

Cantități mari de materie organică furnizează, în primul rând, planctonul vegetal și animal, care se dezvoltă atât în apropierea țărmului, deasupra platoului continental, cât și în largul oceanic, până la adâncimi de maximum 250 m (fig. 25). Materia organică este mai concentrată, cu cât rata sedimentării este mai lentă (înceată), iar mișcarea apelor este slabă, astfel încât sedimentarea fină, pelitică de tipul argilelor sau al precipitatelor carbonatate foarte fine, devenea mediul favorizant formării petrolului. Sedimentarea grosieră este mai puțin fa-

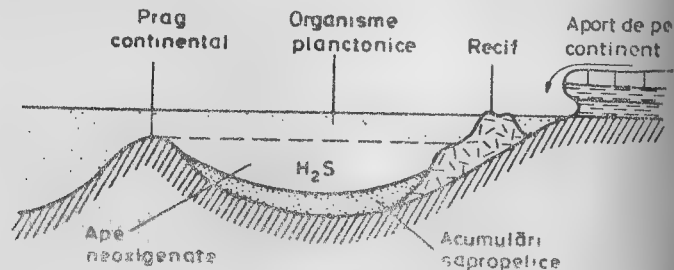


Fig. 25. Secțiune schematică printr-o lagună restrictivă plasată în apropierea mării cu condiții propice formării hidrocarburilor.

vorabilă depunerii și conservării materiei organice, deoarece în aceste condiții aceasta poate fi ușor descompusă de bacteriile aerobe.

S-a constatat că depozitele deltaice sînt bogate în materii organice provenite din descompunerea resturilor vegetale de pe continent. Partea frontală, prodelta și platoul continental conțin depozite amestecate, bogate în materie organică provenită atât de pe continent, cât și din mare. Se menționează faptul că materialul vegetal de pe continent poate fi purtat de curenți la peste 1 000 km de țărm în largul oceanului.

Măsurătorile cantitative arată că producția zilnică de materie organică atinge zeci de grame/m² în zonele cîmpiei deltaice, ca și în regiunea frontală a deltei, precum și în cadrul platoului continental. Sedimentele din regiunea frontală a deltelor și din zonele ceva mai profunde ale platoului continental sînt destul de bogate în materii organice, fiind în același timp și sediul unor transgresiuni și regresii repetate, ceea ce favorizează conservarea materiei organice prin eventuale ecranări.

De obicei, condițiile aerobe sînt prezente pe cîteva zeci de metri în sedimente și pot fi înlocuite prin condiții anaerobe la peste 50 m.

S-a constatat că anumite substanțe din organisme sînt sursa acumulărilor de petrol. Dintre acestea, menționăm: lipidele, proteinele și carbohidrații. Proportiile de participare diferă considerabil, în funcție de apartenența organismelor la regnul animal sau vegetal. Carbohidrații sînt mai bine reprezentați în cadrul regnului vegetal decît în cel animal.

Diferențele procentuale între substanțele prezente în organisme sînt destul de mari și variază după cum urmează:

Grupe de organisme	Substanțe organice (în ‰)		
	Esteri	Proteine	Carbohidrați
DINOFICEE (plancton vegetal)	1,5	14	85
DIATOMECE	8,0	30	63
CRUSTACEE mici (copepode)	8,0	65	22
NEVERTEBRATE	10	70	20
MATERIE ORGANICĂ în sedimente marine	1,0	40	48

Anumite organisme sau resturi de organisme pot fi mai rapid îngropate în sedimente, fără a suferi o alterație prea avansată în funcție de tipul de sedimente. Produsele solubile, formate înainte de sedimentare, ajung în sedimente prin intermediul apelor interstițiale, ca urmare a procesului de absorbție a materiilor minerale anorganice, cât și a resturilor organice; dealtfel toate aceste „materii” concură la producerea reacțiilor de polimerizare.

*Lipidele** se întâlnesc în organisme în procente variabile de la 1 până la 90%. Asemenea procente ridicate de până la 90% sînt prezente în coloniile algei verzi *Botryococcus* sau în depozitele ușor sa-propelice.

Unele tipuri de nevertebrate conțin materie nesaponificată în proporție de 13—37%, în timp ce grăsimile de vertebre au doar până la 2% materie nesaponificată**.

* Lipidele sînt molecule cu valoare calorică mare furnizată de acizii grași.

** Esterii nu sînt descompuși prin hidroliză în acizi grași.

După cum am mai precizat, materia organică variază procentual în sedimentele actuale în funcție de adîncime:

Sedimente	Carbon organic	Amino-acizi	Carbohidrați	Lipide
	Adîncime			
	120—135 cm	120—135 cm	120—135 cm	120—135 cm
Semimarine, puțin adînci, inclusiv platoul continental	0,53—0,83	2,5—3,0	5,0—8,0	2,2—2,9
Marine (la 3 000 m)	3,0	6,9	17	—
Sedimente de pe pînășul continental (între 250 și 2 000 m)	0,84	—	19	—

Proteinele sînt substanțe organice formate din carbon, hidrogen, oxigen, azot, sulf etc. prezente în protoplasma celulelor vegetale și animale.

Unii acizi organici derivă din esterii simpli conținînd polipeptide. Alteori se formează săruri ale acizilor sau un amestec complex polimeric de tipul kerogenului, substanță prezentă în sedimente și care nu se dizolvă în solvenții utilizați la transformarea hidrocarburilor. De exemplu, zaharurile nu sînt libere în sedimente, dar pot fi obținute prin procesul de hidroliză.

Carbohidrații se formează în organismele microscopice, planctonice (dinoficee, diatomee, cocolitofos-

ridee) și pot fi încorporați, direct sau indirect, în sedimentele marine și ulterior în petrol.

Petrolul brut se întâlnește asociat în majoritatea cazurilor în depozitele de șisturi argilo-grezoase. Alături de materia organică și fracțiunea minerală, sedimentele se depun, în general, în zone cu apă sub salinitatea normală.

Materia organică, dar mai ales acizii grași provin din talurile filamentoase ale algelor albastre. Astfel, concentrația în acizi grași, în talul algelor albastre diferă de la gen la gen: *Microcoleus* conține 3,8—14%, *Nostoc* 3,0—15% și *Anabaena* 4,5—14%. În schimb, bacteriile conțin acizi grași în proporție de 3—12%. Materialul lipidic atinge 25% în celula bacteriilor de tip *Desulfovibrio thermodisulfuricans*, iar 1—2% din greutatea lor celulară este formată din hidrocarburi saturate din seria porfirinelor normale.

Algele verzi și roșii conțin steroli (acizi grași) din fracțiunea nesaponificabilă, de tipul colesterolului (acid gras), considerat mult timp un produs numai animalier.

Alți compuși de tipul trigliceridelor* sînt prezenți în organismele recifale din grupul celenteratelor.

Clorofila, un produs atât de larg răspîndit în lumea plantelor, este o sursă importantă de porfirine (prezente frecvent în cloroplaste) în sedimente, din care pot deriva izoprenoizi (carbohidrați).

Petrolul nu se formează strict în sedimente, ci se pare că acesta apare printr-un proces de asimilare a substanțelor grase, de tipul hidrocarburilor din organisme, în anumite capcane sedimentare. Acest proces de formare implică, pe lângă acumularea sub-

* Lipide coloidale formate din trei molecule de ester și trei de acid gras.

stanțelor organice provenite din organisme, și o serie de transformări inițiale asupra materiei organice prin intermediul unor agenți numiți transformanți. Un prim agent cu acțiune transformantă îl constituie *bacteriile*. În timp geologic acestea modifică materia organică prin îngroparea ei în sedimente. Biomasa bacteriană din sedimente, precum și din apă variază de la câteva procente pînă la maximum 15%. Există probe certe că bacteriile anaerobe produc hidrocarburi aromatice în sedimentele actuale pînă la adîncimea de 1 m.

Un alt agent care concură la formarea petrolului transformînd materia organică este *radioactivitatea*. S-a constatat că sedimentele fine și rocile de tipul argilelor și șisturilor argiloase prezintă un grad destul de ridicat de radioactivitate, în raport cu rocile mai grosiere, de tipul gresurilor sau calcarelor grezoase. Acțiunea radioactivității asupra substanțelor organice a fost demonstrată experimental în cazul acizilor grași, obținîndu-se transformări avansate asupra materiilor organice pînă la trecerea acestora în petrol.

Intensitatea radioactivității scade cu timpul, iar activitatea transformantă dispare odată cu trecerea timpului.

Cel de-al treilea agent transformant este *temperatura*, care concură, pe lângă ceilalți factori enumerați, la transformarea materiei organice în petrol.

3) Păreri noi cu privire la locul și modul de formare a petrolului

După B. Tissot (1979), rețeaua actuală a teritoriilor petrolifere cuprinde 148 zone principale ce prezintă peste 85% din resursele mondiale de pe-

trol. Se pune firesc întrebarea cum sînt repartizate aceste zăcămintele?

În concordanță cu cercetările recente întreprinse de W. C. Pitman și P. Vail (1978, 1980), pe baza interpretărilor datelor de geofizică marină și a carotajelor efectuate de vasul „Glomar Challenger” în cadrul Programului de foraje în mările profunde, s-a propus un model în care elementul de bază este variația nivelului mărilor și oceanelor în timp geologic. Acest model ar explica foarte bine acumulările de petrol din anumite perioade geologice. Modelul are ca punct de plecare teoria expansiunii fundului oceanic, poziția creștelor (a ridurilor) și viteza de expansiune a fundului.

În conformitate cu acest model, în istoria geologică, de aproape 570 MA, se constată două cicluri majore de ridicare și de coborîre a nivelului mărilor și oceanelor. Aceste fluctuații constatate în timp geologic au avut repercusiuni majore în dezvoltarea și evoluția florei și faunei marine. S-a remarcat că productivitatea primară în fitoplancton (alge) este foarte ridicată în zona platformei continentale. Două maxime cu productivitate ridicată se înregistrează în timpul ordovician-silurian și în cretacic. După cum am menționat anterior, acumularea și formarea petrolului într-o anumită regiune implică prezența unor roci-mamă bogate în materie organică, în special în plancton. După îngroparea în sedimente acest tip de rocă produce petrol.

Astăzi se cunosc medii de sedimentare marine care permit conservarea și transformarea materiei organice în petrol. Dintre acestea menționăm:

— bazinele marine înconjurate de continente, puțin adînci, cu ape bogate în săruri nutritive aduse de pe continent, care în anumite perioade produc înflorirea apelor (explozia fitoplanctonului, în spe-

cial dinoficee). Apele din aceste bazine erau slab oxigenate. Oxigenul prezent era rapid consumat de bacterii determinînd condiții anaerobe. Exemple de bazine care au evoluat asemănător și care conțin bogate zăcămintele de petrol se cunosc în Sahara și în Marea Nordului, petrolul fiind în primul caz de vîrstă paleozoică și în al doilea, mezozoică;

— bazine sau mări deschise din zonele de *Upwelling* (de ridicare spre suprafață a curenților bogăți în hrană din profunzime), cu ape bogate în săruri nutritive, fapt ce determină producerea unei cantități considerabile de fitoplancton. Astfel de bazine se cunosc în fața coastei Perului, pe coasta de sud-vest a Africii și în partea de nord-vest a Oceanului Indian;

— bazine cu adîncimi mari, izolate, închise circulației oceanice, ceea ce determină existența unei păături de ape oxigenate pînă la adîncimea de 200 m, bogată în plancton și materie organică și o altă de la 200 m pînă la peste 2 000 m lipsită de oxigen, dar bogată în H_2S , sediul unor descompuneri intense de materie organică. Un asemenea bazin este astăzi Marea Neagră.

Petrolul este o rocă de natură organică din grupul rocilor caustobiolite cu proprietatea de a arde. Ele fac parte din categoria bitumenelor naturale, care cuprind, în afară de petrol și gazele naturale, asfaltul, smoala, șisturile bituminoase și parafinele fosile. Aceste bitumene formează o grupare cu compoziție chimică variată, insuficient cunoscută.

Criteriile de clasificare a bitumenelor sînt de natură fizică, fizico-chimică, chimică sau au la bază comportarea lor față de anumiți solvenți organici.

Criteriul fizico-chimic a fost utilizat de L. Mrazec, geolog român, precursorul cercetărilor privind originea și natura petrolului. Acest savant separă două categorii de bitumene: *libere*, legate fizic, adică prezente în spațiile libere dintre granulele minerale ale rocii gazdă (petrolul, gazele naturale, asfaltul), și *fixe*, care fac parte din moleculele minerale ale rocii (kerosenul din șisturile bituminoase).

Destul de recent, materia organică din rocile sedimentare a fost împărțită în trei grupe, din care pe noi ne interesează doar două: *naftabitumene*, care includ petrolul, gazele naturale, asfaltul și ozo-

cherita; și *kerabitumene*, ce includ materia organică din rocile-mumă de petrol, precum și cea din șisturile kerogene.

1) Gazele naturale

Sînt acumulări care se întîlnesc în scoarță la adîncimi diferite, în structuri boltite numite *domuri*. Domurile gazeifere conțin în mare parte metan, asociat cu etan, propan, butan, precum și CO_2 , H_2S și heliu.

Gazele naturale pot forma acumulări separate față de zăcămintele de petrol sau se asociază cu acestea din urmă, fie sub formă de cap-gaz, deci la partea superioară a zăcămintelor boltite de petrol, fie se găsesc dizolvate în petrol. În afară de metan, gazele asociate petrolului conțin și alte gaze cunoscute sub numele general de gazolină. După cum se știe, prezența sau absența gazolinei în gazele eliberate în timpul forajului reprezintă un indiciu important cu privire la existența petrolului.

Gazele naturale cuprind metan în proporție de 50—60%, în cazuri cu totul excepționale procentul atinge 100%.

Metanul este foarte răspîndit, deoarece rezistă timp îndelungat proceselor de oxidare naturală. Este un gaz prezent pe fundul lacurilor și al mlaștinilor, unde se formează așa-numitul gaz de baltă.

S-a constatat că pe măsură ce crește adîncimea se produce și o reducere progresivă a zăcămintelor de petrol și o înlocuire a acestora cu zăcămintele de gaze, mai ales la adîncimi de 4 000—6 000 metri datorită presiunilor mari înregistrate la aceste adîncimi.

Pe lângă gazele asociate, prezența H_2S în gazele naturale și petrol scade calitatea acestora. Hidrogenul sulfurat este un gaz toxic, corosiv, prezența sa impune tratarea specială a gazelor sau a petrolului, înainte de prelucrarea lor. Deoarece gazele naturale au densitatea mai mică de 1, acestea se acumulează totdeauna la partea superioară a zăcămintelor, deasupra petrolului sau deasupra apelor de zăcămint, de la caz la caz. La adâncimi mari, unele gaze naturale trec din starea gazoasă în starea lichidă, în condiții de temperatură constantă și presiune scăzută. S-a constatat că rezervele de gaze solidificate sînt bogate în arealele înghețate din nordul Americii și Asiei.

Cele mai importante *zăcămint*e de gaze naturale din R. S. România se cunosc în bazinul intramontan al Transilvaniei. Marginea acestui bazin este necutată sau slab cutată, iar zonele interne sînt presărate cu o serie de cute diapire (cute cu simbur

de sare), dispuse în formă de lanțuri ce pot fi urmărite pe aliniamentul Dej — Beclean — Praid — Ocna Mureșului și Ocna Sibiului.

În zona internă a cutelor diapire se plasează domurile și cutele anticlinale cu flancuri simetrice și căderi unghiulare egale.

Domurile au axe orientate diferit, unele sînt simetrice, altele asimetrice.

Dintre structurile gazeifere mai cunoscute amintim pe cele de la Sărmășel, Cetatea de Baltă, Bazna, Copșa Mică, Saroș (jud. Mureș), Sîngiorgiul de Pădure (jud. Mureș) și altele.

Se apreciază că apariția gazelor în acest bazin ar fi legată de anumite tipuri de roci, și anume: sisturile argiloase cu radiolari din miocen (badenian), marnele gazoase sarmațiene și sisturile disodilice (oligocen).

Zăcămintele sînt stratiforme, ușor boltite și cuprind numai în miocen o stivă de depozite de aproape 2 000 m grosime.

Acumulări de gaze naturale se mai cunosc în structurile de la Chișinău-Criș (jud. Arad), Derna (jud. Bihor) și cele de la Deta, Tinca (jud. Bihor). Gazele din această zonă conțin uneori și CO_2 .

Alte zăcămint

2) Petrolul sau țițeiul

Este cea mai importantă sursă energetică a timpurilor actuale cu utilizare în numeroase industrii, în special cea chimică.

Goana după acest produs natural a început odată cu intrarea în arenă a motoarelor și a automobilului. Ca urmare a creșterii cererii mondiale de petrol după cel de-al doilea război mondial, producția mondială de petrol a cunoscut o creștere vertiginoasă. Astfel, volumul producției mondiale de petrol era de 1 374 000 000 barili în anul 1930, de 3 803 000 000 barili în anul 1950, de 7 913 000 000 barili în 1960, pentru ca în 1971 să ajungă la 17 655 000 000 barili. În anul 1980 producția totală de petrol a atins 30 000 000 000 barili. Drept urmare, petrolul a ajuns să ocupe în zilele noastre o poziție dominantă în cadrul resurselor de energie primară, însumînd circa 46% față de numai 33% cît reprezintă cărbunele.

La Congresul mondial de petrol ce a avut loc în București în anul 1980, John Roorda de la Compania Shell Oil a arătat, pe baza unor prognoze, modul cum va evolua cererea de petrol în lume. După acest autor, pînă în anul 2000 cererea de energie primară pe plan mondial va fi de 240 milioane barili* pe zi echivalent în țiței în cazul unei dezvoltări economice lente și de 280 milioane de barili pe zi în echivalent în țiței în cazul unei dezvoltări economice accentuate. În continuare se precizează că înainte de anul 1990 celelalte surse de energie, fără a include petrolul, nu vor putea să asigure mai mult de 55% din necesitățile de energie primară. În anul 2000 ele vor asigura 60—67% din necesitățile totale de energie. Cererea de petrol în țările industrializate nu va depăși 50—60 milioane de barili pe zi. Rata maximă a producției va fi atinsă începînd cu anul 1990 și va fi de 90—100 milioane barili pe zi în echivalent de țiței.

Geologii apreciază că în viitor există puține șanse de a găsi noi rezerve de petrol în regiuni mai puțin cunoscute. Există părerea că aproximativ 3/4 din cantitatea rezervelor ce urmează a fi descoperite se află cantonate în cîteva regiuni din lume, și anume în U.R.S.S. și R. P. Chineză peste 1/3, în Orientul Mijlociu circa 1/7, în America de Nord (inclusiv Alaska) aproximativ 1/5 și în America Latină 1/10.

Petrolul este un produs inflamabil natural, format din hidrocarburi gazoase, lichide și solide. În general, conține pînă la 65% hidrocarburi și între 0 și 40% compuși organici, anorganici, rășini și alte substanțe. Cu cît petrolul este mai ușor, mai benzinos, hidrocarburile ating concentrații de 90—98% față

* Baril — măsură de capacitate în jur de 159 litri, utilizată mai ales pentru produsele petroliere.

de petrolurile grele care conțin numai 50% hidrocarburi. Are o culoare brună-negricioasă sau cu reflexe albastrui-verzui, uneori incolor cu miros specific, înțepător ori aromatic. Densitatea este variabilă între 0,730 și 1,040 g/cm³; sub 0,900 g/cm³ se formează petrolurile ușoare iar peste această limită petrolurile grele.

De regulă, într-un zăcămint dispoziția petrolului se face după densitate. La partea inferioară se dispune apa de zăcămint, concentrată în săruri, apoi urmează petrolul și la partea superioară gazul sau cap-gazul (fig. 26).

În funcție de prezența gazelor, presiunea în zăcămint este variabilă, fapt ce influențează și permite exploatarea acestuia.

Zăcămintele de petrol pe teritoriul R. S. România sînt distribuite în Depresiunea Precarpatică, în oligocenul de la Moinești (jud. Bacău), precum și în cele de la Copăcenii — Gura Vitioarei, Buștenari —

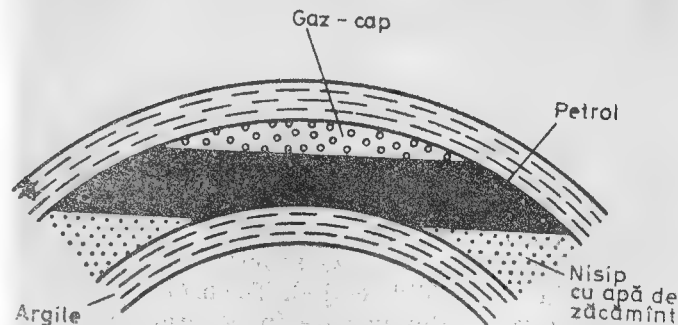


Fig. 26. Secțiune printr-un zăcămint de petrol boltit și modul de dispunere al gazelor, petrolului și apei de zăcămint.

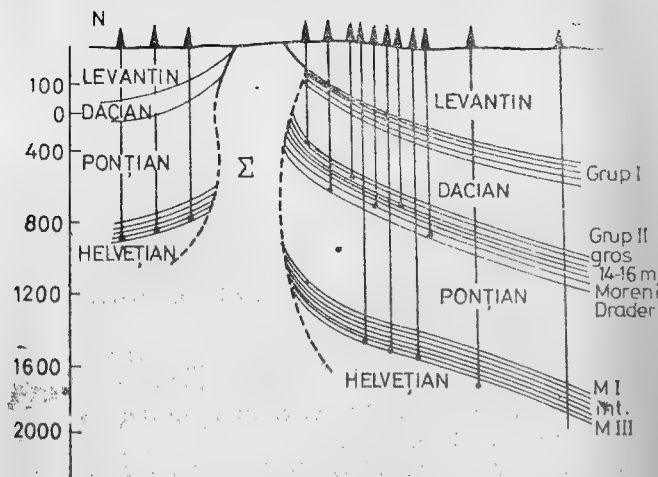


Fig. 27. Secțiune geologică prin structura petroliferă de la Moreni (jud. Dîmbovița).

Runcu — Cîmpina, Moreni (jud. Prahova) (fig. 27).

Cele mai multe structuri petrolifere sînt plasate în zona neogenă (mio-pliocenă) dintre riurile Buzău și Dîmbovița.

Într-o altă unitate geologică, Platforma Moesică, ce corespunde din punct de vedere geografic cu Cîmpia Română, au fost descoperite zăcăminte de petrol și gaze în depozite de vîrstă mezozoică din regiunea Craiova (Balș-Optași) (jud. Olt), Ciurești și Hirlești (jud. Dolj). La acestea se adaugă și zăcămintele de petrol și gaze semnalate în miocenul de la Vadu Lat și Videle (jud. Teleorman).

Calitatea petrolului variază în general cu adîncimea, respectiv cu vîrsta formațiunii în care se cantonează zăcămintul (N. Grigoraș, 1961).

Zăcămintele mai adînci conțin petrol parafinos, cele aflate la adîncimi mai mici conțin petrol de tip semiparafinos și neparafinos.

Majoritatea zăcămintelor de petrol și gaze din România sînt zăcăminte stratiforme, boltite și afectate de falii. Zăcămintele sînt lipsite de gaz-cap primar, bogate în gaze dizolvate, iar apele de zăcămint ce însoțesc petrolul sau gazele naturale sînt de tip clorocalcic.

3) Asfaltul

Reprezintă un amestec de hidrocarburi grele, de petrol oxidat. Solid, are o culoare negru-brun.

La noi în țară se cunosc zăcăminte de asfalt sub formă de impregnații în nisipurile pliocene de la Derna (jud. Bihor) și de la Matîța (jud. Prahova).

Asfaltul este răspîndit în regiunile petrolifere puternic faliat și care prezintă în același timp o rată a eroziunii destul de avansată, însoțind zăcămintele de petrol, pe cale de degradare.

La suprafața unor mari lacuri de smoală se formează asfaltul sub forma unor cruste semiîntărite. Asemenea depozite de asfalt se cunosc în S.U.A. (statele Colorado, Utah și Montana), precum și în regiunile sud-vestice ale Canadei (Athabaska).

În unele regiuni de pe glob, asfaltul se prelucurează obținîndu-se petrol, cox de petrol și sulf (V. Stănescu, 1971).

Asfaltul este utilizat pe scară largă în construcții rutiere, în industria chimică și farmaceutică.

4) Smoala

Este un produs rezultat din oxidarea petrolului. Conține 50 pînă la 75% carbon și hidrogen, asfaltene și rășini. De culoare neagră, formează acumulări în lacuri, în zone depresionare fracturate, acestea din urmă fiind căi de acces pentru migrarea petrolului din adîncime. Ajungînd la suprafață, petrolul se oxidează și se depune în zone puțin adînci (lacuri), acoperite printr-un strat de asfalt solid sub care se află smoala lichidă.

Cele mai importante zăcămintele de smoală din lume se află în insula Trinidad (lacul La Brea), în insula Sahalin și în Venezuela.

5) Parafina

Fosilă, cunoscută și sub numele de *ceară de pămînt*, parafina este un bitumen solid, de culoare gălbuie sau brună, asemănătoare la prima vedere cu rășina.

Provine din oxidarea petrolurilor parafinice și cuprinde două varietăți: *ozocherita* (amorfă) și *hatchetita* (cristalizată).

În R. S. România depozite cu parafină fosilă se cunosc pe pîriul lui Tudorache (jud. Bacău), în complexul gresiei de Kliwa (oligocen).

6) Șisturile bituminoase

Sînt roci sedimentare pelitice, cu granulație fină, sistoase, foioase care conțin materie organică în procente variabile. Cu cît cantitatea de materie organică este mai mare, cu atît combustia este mai

puternică. Deoarece sînt combustibile, se mai cunosc și sub numele de *piroșisturi*.

Au culoare închisă, de regulă, în spărtură proaspătă fiind cenușii. La temperatura de peste +300°C șisturile bituminoase eliberează materia bituminoasă.

Materia organică din șisturi poate fi solubilă sau insolubilă în solvenți, la temperatura normală cînd formează așa-numitele *kerabitumene*.

După unii cercetători, kerogenul din șisturile bituminoase constituie sursa petrolului și a gazelor prin transformări ulterioare în scoarță.

Kerogenul se obține prin distilarea termică a șisturilor bituminoase. Este lichid și se aseamănă cu gazul lampant.

Estimările publicate privind rezervele de șisturi bituminoase existente în lume sînt variate.

Rezervele mondiale, recuperabile, de șisturi bituminoase, cu factor de recuperare de 50% din care se obțin 43 l petrol la tona de șisturi bituminoase, se ridică la 912 miliarde t conținut în petrol. Această cifră este de 10 ori mai mare decît rezervele totale de petrol evaluate de experții O.N.U.

Cele mai mari depozite de șisturi bituminoase se cunosc în S.U.A., cu 326 miliarde t conținut în petrol, în Brazilia cu 120 miliarde t conținut în petrol, în Canada cu 23 miliarde t, în Zair cu 15 miliarde t, în U.R.S.S. cu 15 miliarde t, în Italia cu 5,5 miliarde t, în R. P. Chineză cu 4 miliarde t, precum și în multe alte țări rezerve sub 1 miliard t.

În R. S. România zăcămintele de șisturi bituminoase sînt cantonate în jurasic (liasic), la Anina și Doman (jud. Caraș-Severin), în cretacicul inferior, șisturile negre din flișul Carpaților Orientali, precum și în menilita și disodilele din oligocenul flișului extern.

În Raportul la cel de-al XII-lea Congres al Partidului Comunist Român se prevede ca activitatea geologică să se intensifice în scopul identificării de noi resurse energetice și materii prime. Printre altele, se menționează trecerea la valorificarea complexă a șisturilor bituminoase atât în scopuri energetice, cât și pentru obținerea altor substanțe minerale utile.

De asemenea, în conformitate cu Directivele Congresului al XII-lea al Partidului Comunist Român și ale Planului Cincinal 1981—1985, forajul de mare adâncime pentru țiței și gaze se va extinde, perfecționându-se metodele de exploatare a hidrocarburilor, și se vor extinde lucrările de foraj pe platforma continentală a Mării Negre, știut fiind faptul că ponderea consumului de petrol extras din subsolul marin este pe plan mondial de 20%.

În acest sens, unele unități specializate din domeniul geologiei au început complexul de activități în cadrul programului FOMAR. Această acțiune de foraj-extracție a petrolului din Marea Neagră se desfășoară cu ajutorul instalațiilor complexe de foraj marin concepute și construite pentru prima dată la noi în țară. Prima instalație de foraj marin „Gloria” este asemănătoare cu o piramidă, înaltă de 60 m. Această instalație a fost plasată la 80 km de litoralul românesc, fiind dotată cu sape de foraj ce pot atinge adâncimea de 6 000 m.

Platforma de foraj se compune din patru piloni de fixare cu o lungime de 120 m și o greutate de 700 t fiecare; întregul complex de instalații cântărește aproape 10 000 t. Recent, în cursul anului 1981 și-a început activitatea de foraj și cea de-a doua platformă, „Orizont”, fapt ce va permite conturarea într-un răstimp mai scurt a rezervelor din arealul platformei continentale a Mării Negre.

GLOSAR DE TERMENI

- *bentos* (derivă din gr. *bentos*, de adâncime) asociații de organisme care trăiesc pe fundurile mărilor, oceanelor și a bazinelor lăcistre cu ape dulci;
- *cocolite*, plăci calcaroase de 10—30 μ care alcătuiesc un fel de „cochilie” numită cocsferă cu rol în protejarea celulei algelor cocolitoforidee dintre Chrysophyceae;
- *endolite*, organisme care prin elaborarea unor substanțe acidofile pot dizolva diferite roci determinând o serie de goluri locuite de acestea;
- *epifaună*, totalitatea organismelor animale care trăiesc pe diverse resturi de plante sau chiar pe alte animale;
- *epifloră*, totalitatea plantelor care trăiesc fixate sau libere pe anumite substraturi (roci, scoici etc.);
- *epilite*, organisme care trăiesc libere sau fixate pe pietre;
- *facies*, ansamblul caracterelor unei roci (de exemplu, fosilele și mineralele componente pot caracteriza în ansamblu un pachet de roci);
- *organisme microproblematică*, organisme microscopice întâlnite în secțiuni subțiri efectuate în calcare a căror apartenență la un grup de plante sau animale este îndoielnică;
- *test* (derivă din lat. *testum* = solz), în sensul de cochilie la foraminifere, radiolari, moluște sau echinide;
- *zona coralgălă*, zonă individualizată spre partea superioară a recifului unde pe lângă corali participă și alge roșii sau albastre.

BIBLIOGRAFIE SELECTIVA

- Ceașescu, Nicolae (1979), *Raport la cel de al XII-lea Congres al Partidului Comunist Român*, Editura politică, București.
- Almășan, Bujor (1979), *Prefață la Istoria petrolului de R. Sedillot*, Editura politică, București.
- Beca, C. (1978), *Geologia zăcămintelor de petrol și gaze*, Editura tehnică, București.
- Barrabé, L., Feys, R. (1965), *Géologie du charbon*, Masson Edit., Paris.
- Dragastan, O. (1980), *Alge calcareoase din mezozoicul și terțiarul României*, Editura Academiei R. S. România, București.
- Gavăț, I. (1963), *Geologia petrolului și a gazelor naturale*, Editura didactică și pedagogică, București.
- Grigoraș, N. (1961), *Geologia zăcămintelor de petrol și gaze din R. S. România*, Editura tehnică, București.
- Iancu, Aurel (1976), *Creșterea economică și resursele naturale*, Editura politică, București.
- Lăzărescu, Vasile (1980), *Geologia fizică*, Editura tehnică, București.
- Lupei, N., Brana, V. (1971), *Zestrea minerală a lumii*, Editura științifică, București.
- Mateescu, I. (1962), *Geologia zăcămintelor de cărbuni*, Editura didactică și pedagogică, București.

- Papiu, V. C. (1957), *Sedimentele marine actuale*, Editura științifică, București.
- Petrescu, I., Dragastan, O. (1981), *Plante fosile*, Editura Dacia, Cluj-Napoca.
- Rădulescu, D., Anastasiu, N. (1980), *Petrologia rocilor sedimentare*, Editura didactică și pedagogică, București.
- Răileanu, Gr., Grigoraș, N., Oncescu, N., Plisca, T. (1963), *Geologia zăcămintelor de cărbuni*, Editura tehnică, București.
- Stach, E. și colab. (1975), *Coal Petrology*, Stuttgart.
- Stănescu, V. (1971), *Geologia zăcămintelor de petrol și gaze*, Institutul de petrol, gaze și geologie, București.
- Voronkov, M. G. și colab. (1974), *Siliciul și viața*, Editura științifică, București.

CUPRINS

Introducere	5
I. Viețuitoarele actuale constructoare de roci . . .	9
1) De la recifele coraligene la mlurile cu diatomee	16
a) Organisme caracteristice biotopului reefal	18
b) Organisme specifice sedimentelor din largul mărilor și oceanelor	27
c) Marea Neagră — un biotop particular	38
2) Turbării și noroaie bituminoase	43
a) Tipuri de turbării și turbe	43
b) Noroaie bituminoase	54
II. Calcare organogene	58
1) Calcarele organogene de-a lungul timpurilor geologice	60
2) Calcarele organogene — sursă de materii prime	77
III. Roci silicioase de origine organică	80
IV. Cărbunii fosili	87
1) Din „secretele” formării cărbunilor	88
2) Principalele tipuri de cărbuni	91

3) Pădurile din care s-au format cărbunii fosili	99
a) Cele dinții jungle din istoria Pământului	100
b) Pădurile de gimnosperme ale erei secundare	105
c) Înnoirile din vegetația neozoică	110
4) Cărbunii între prezent și viitor	113
V. Petrolul — o rocă organogenă	116
1) Originea petrolului	118
2) Sursele de materie organică și principalii componenți organici din sedimente	119
3) Păreri noi cu privire la locul și modul de formare a petrolului	125
IV. Petrolul și gazele naturale — resurse de energie primară	128
1) Gazele naturale	129
2) Petrolul sau țițeiul	131
3) Asfaltul	135
4) Smoala	136
5) Parafina	136
6) Șisturile bituminoase	136
Glosar de termeni	139
Bibliografie selectivă	140

Redactor: LAURA MĂRGINEANU
Tehnoredactor: CONSTANTIN IORDACHE

Coli de tipar: 4,5. Planșe pag. 1.
Bun de tipar: 12.06.1982.

Întreprinderea Poligrafică Cluj
B-dul Lenin 146, Municipiul Cluj-Napoca
Republica Socialistă România
Comanda nr. 110



Cerințele mereu crescînde de substanțe minerale utile au dus la intensificarea cercetărilor interdisciplinare din domeniul geologiei, precum și la reevaluarea importanței faciesurilor în formarea unor roci utile.

În acest context lucrarea redă principalele grupe de organisme vegetale și animale constructoare de roci. Sînt prezentate mediile și bazinele de sedimentare, precum și asociațiile de plante, protozoare, nevertebrate și vertebrate ce le caracterizează de-a lungul perioadelor geologice. În funcție de natura testului, sînt descrise pe larg depozitele formate, în special rocile calcaroase, rocile silicioase, cărbunii, hidrocarburile, domeniile de utilizare și răspîndirea acestora pe teritoriul R. S. România.